

প্রথম প্রকাশ :

কাভিক, ১৩৮৪

[নভেম্বর ১৯৭৭]

বাএ/৮৯০

পাণ্ডুলিপি : পাঠ্যপুস্তক বিভাগ,

বাংলা একাডেমী, ঢাকা

প্রকাশক :

ফজলে রাব্বি

পরিচালক

প্রকাশন মুদ্রণ-বিক্রয় বিভাগ

বাংলা একাডেমী, ঢাকা

মুদ্রণে :

মোঃ খলিলুর বহমান খান

গণ মুদ্রাবন

৫৯/০, ইসলামপুর বোড

ঢাকা

মূল্য : পঁচিশ টাকা মাত্র।

JYOTISHKA BIJNAN (Astronomy) : Written by Dr. Ramjan Ali Sarder. Published by Bangla Academy, Dacca, Bangladesh, 1977. Price . Taka 25.00 only.

ভূমিকা

এই পুস্তকখানি বাংলাদেশের বিশ্ববিদ্যালয়সমূহের স্নাতক শ্রেণীর গণিত পাঠ্য Astronomy-এব পাঠ্য-তালিকানুযায়ী লেখা হইয়াছে। পুস্তকখানিতে ব্যবহৃত পবিভাষা বাংলা একাডেমী কর্তৃক প্রকাশিত পবিভাষা কোষের অন্তর্ভুক্ত। যে-সব ক্ষেত্রে পরিভাষা পাওয়া যায় নাই সেইসব ক্ষেত্রে শব্দ ব্যবহাবে কিছুটা স্বাধীনতা গ্রহণ করা হইয়াছে। প্রত্যেক পাবিভাষিক শব্দের সহিত সংশ্লিষ্ট ইংবেজী শব্দ লেখা হইয়াছে। পুস্তকখানি প্রণয়নের সময় সকল প্রকার Standard পুস্তকের সাহায্য লইয়াছি।

বাংলা একাডেমী বহু বাধা-বিপত্তির মধ্য দিয়া পুস্তকখানি প্রকাশ কবিতে পারিষাছেন বলিষা আমি ব্যক্তিগতভাবে একাডেমী কর্তৃপক্ষের নিকট কৃতজ্ঞতা জানাইতেছি। পুস্তকখানি ছাত্র ছাত্রীদের উপকাৰে আসিবে ইহাই আমার কামনা।

বিনীত—

এইছকান

সূচীপত্র

প্রথম অধ্যায় : অবতরণিকা

১

১. জ্যোতিষ-বিজ্ঞানের চিন্তাধারার অগ্ৰগতি, ২. জ্যোতিষ-বিজ্ঞান বিজ্ঞানের একটি শাখা, ৩. প্রাচীন জ্যোতিষ-বিজ্ঞান

দ্বিতীয় অধ্যায় : মহাকাশ ও-ইহার আবর্তন

১৯

২১ মহাকাশ, ২২. দিগন্তবেধা এবং মেবিডিয়ান বেধা, ২৩. মেবিডিয়ান, ২৪ আন্থিক গতি, ২৫. মহাকাশেব স্থিৰ-বিন্দুদ্বয়, ২৬ মহাবিন্দু ; কালবৃত্ত, ২৭ বাইট অ্যাসেন্শন, ২৮ কৌণিক কাল, ২৯ কোন স্থানেব অক্ষাংশ ঐ স্থানেব ঞ্চনক্ষত্রেব উন্নতি এর লম্বান, ২১০ মেক বিন্দুতে নক্ষত্রেব আবর্তন-পথগুলি দিগন্ত বেধাব সমান্তবাল, ২১১ ভূ-পৃষ্ঠ বিন্দুবেধাব অবস্থিত স্থান সমূহে বে কোন নক্ষত্রেব আবর্তন পথ দিগন্তবেধাব উপব লুপ্ত, ২১২. অগ্রত নক্ষত্রেব আবর্তন পথ, ২১৩. অন্তহীন নক্ষত্রে, ২১৪ সূৰ্যেব আপাত কক্ষপথ বাশিচক্রেব পশ্চিম গতি, ২১৫. সূৰ্য পথ বা এক্লিপটিক্ এবং দিগন্তবৃত্তেব সূৰ্যদ্ব, ২১৬ সূৰ্য, চন্দ্র এবং গ্রহেব অবস্থান, ২১৭. বাশিচক্রে, ২১৮. নক্ষত্রেব নামকরণ এবং উহাদেব ঔজ্জল্যেব প্রকাবভেদ, ২১৯ উদাহরণ

তৃতীয় অধ্যায় : পৃথিবী

৩৩

৩১. আকাষ পবিমান এবং ঘনত্ব, ৩২. পৃথিবীৰ অভ্যন্তব, ৩৩. বায়ুমণ্ডল, ৩৪ পৃথিবী একটি চুম্বক, ৩৫ পৃথিবীৰ আন্থিক গতি, ৩৬ কবিওলিসেব ফল, ৩৭. সমুদ্রবক্ষে এবং আকাশে নেভিগেশন, ৩৮ পৃথিবীৰ বাৰ্ষিক গতি, ৩৯. 'বড় ঝড়' ৩১০. পৃথিবীৰ নানা গতি

চতুর্থ অধ্যায় : সময় এবং পঞ্জিকা

৫২

৪১ সময় গণনা, ৪২ তাবিখ

পঞ্চম অধ্যায় : আলো এবং টেলিস্কোপ

৬৭

(ছব)

৫.১ আলোর প্রকৃতি এবং ধর্ম, ৫.২, আলোর জ্যামিতীয় নিয়ম,
৫.৩ লেনসের সাহায্যে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি, ৫.৪ (ক) প্রতিসরণ টেলিস্কোপ
ষষ্ঠ অধ্যায় : চন্দ্র " " " " ৮২

৬.১ (ক) চন্দ্রালোক, ৬.২ চন্দ্রে বস্তু এবং আকার, ৬.৩ চন্দ্রে
প্রকৃত কক্ষপথ, ৬.৪ চন্দ্রে বস্তু, ৬.৫ চন্দ্রে বায়ুমণ্ডল, ৬.৬ চন্দ্রে
তাপের প্রকারভেদ, ৬.৭ চন্দ্রে উপরিভাগের বর্ণ

সপ্তম অধ্যায় : চন্দ্র ও সূর্যগ্রহণ " " " " ৯৬

৭.১. ছায়া কি, ৭.২. ছায়াবৈদ্য নির্ণয়, ৭.৩. গ্রহণ সময়.
৭.৪. সূর্য গ্রহণ, ৭.৫. চন্দ্র গ্রহণ, ৭.৬. গ্রহণ সীমা, ৭.৭. গ্রহণাবলীর
পূরণায়ত্তি, ৭.৮ গ্রহণ সংশ্লিষ্ট অন্যান্য নৈসর্গিক ঘটনাবলী

অষ্টম অধ্যায় : জোয়ার ভাটা এবং পৃথিবীর বতুলাকায় আবর্তনের
কাল " " " " ১১১

নবম অধ্যায় : সৌরজগৎ " " " " ১২০

৯.১. সৌরজগতের অধিবাসীস্বল্প, ৯. ২. গ্রহগুলি সম্বন্ধে মূল
জ্ঞাতব্য বিষয়

দশম অধ্যায় : অন্যান্য গ্রহ " " " " ১২৯

১০.১. বুধ গ্রহ, ১০.২. শুক্ল গ্রহ, ১০.৩. পৃথিবী, ১০.৪. মঙ্গল
গ্রহ, ১০.৫. বৃহস্পতি, ১০.৬. শনি গ্রহ, ১০.৭. ইউরেনাস, ১০.৮ নেপচুন,
১০.৯. প্লুটো, ১০.১০. সৌরজগতের ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহগুলি, ১০.১১. ক্ষুদ্রাকৃতি
গ্রহের আবিস্কারের সংক্ষিপ্ত ইতিহাস, ১০.১২. ট্রোজান গ্রহ

একাদশ অধ্যায় : সৌরজগতের অন্যান্য জ্যোতিষ, ধূমকেতু, উল্কা
এবং উল্কাশ্রোত ও সৌরজগতের সৃষ্টিতত্ত্ব " " " " ১৪৩

১.১১ ধূমকেতু, ১১.২. ধূমকেতুর কক্ষপথ, ১১.৩. বৃহস্পতি গ্রহের
ধূমকেতুগুলি, ১১.৪. হ্যালির ধূমকেতু, ১১.৫. ধূমকেতুর প্রকৃতি, ১১.৬.
উদ্ভাপাত এবং উল্কাশ্রোত, ১১.৭. উল্কাপিণ্ড, ১২.৮ সৌরজগতের
সৃষ্টিতত্ত্ব

দ্বাদশ অধ্যায় : কৌণিক দ্রাষ্টি ১৫০

১২.২. ভূ-কৌণিক দ্রাষ্টি, ১২.৩. ভূ-কৌণিক দ্রাষ্টিব ১২.৪. চন্দ্রের, উদয়-
কালীন কৌণিক দ্রাষ্টিব পরিমাণ নির্ণয়, ১২.৫. এব কৌণিক দ্রাষ্টিব
সাহায্যে সূর্যের কৌণিক দ্রাষ্টিব নির্ণয়, ১২.৬. একটি জ্যোতিষ্কের উদয়-
কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি কৌণিক দ্রাষ্টি এবং ইহাব গড় দূরত্ব, ১২.৭.
উদয়কালীন দ্রাষ্টি এবং কৌণিক ব্যাস হইতে চন্দ্রের প্রকৃত ব্যাস নির্ণয়,
১২.৮. সূ-কৌণিক বা বাৎসবিক কৌণিক দ্রাষ্টি, ১২.৯. বাৎসবিক
দ্রাষ্টি জতিন ফলা ফল, ১২.১০. নক্ষত্রের বাৎসবিক কৌণিক দ্রাষ্টি নির্ণয়,
১২, ১১, বাৎসবিক কৌণিক দ্রাষ্টি এবং নক্ষত্রের দূরত্ব নির্ণয়

ত্রয়োদশ অধ্যায় : সূর্য ১৬৬

১৩.১. সূর্যের প্রকৃতি, ১৩.২. সূর্যের স্থায়ী অক্ষের চাবী পাথে
আবর্তন, ১৩.৩. সূর্য হইতে তাপ বিকিরণ, ১৩.৪. সূর্যের বহি ভাগের
বিশেষত্ব গুলি, ১৩.৫. সূর্যের কৌণিক দ্রাষ্টি এবং জ্যোতিষিষ্ঠ্য দূরত্বের
একক, ১৩.৬. সূর্যে বস্তুর পরিমাণ, ১৩.৭. সূর্যে গতিব উৎস

চতুর্দশ অধ্যায় : অবজাবডেটরী ১৭২

১৪.১. অবজাবডেটরী, ১৪.২. সাইডেবিয়াল ছাডি, ১৪.৩. সূর্য
ডাম্যান, ১৪.৪. বিষুব টেলিস্কোপ, ১৪.৫. মেবিডিযান অতিক্রম লক্ষ্য
কবিবাব টেলিস্কোপ, ১৪.৬. জ্যোতিষ্কের গতি নির্ণয়, ১৪.৭. সাইডে-
বিয়াল সমস্ত অথবা নক্ষত্রের বাইট অ্যাসনশন নির্ণয়, ১৪.৮. মহাবিশ্ব
এব অবস্থান নির্ণয়, ১৪.৯. সেকস্ট্যান্ট

পঞ্চদশ অধ্যায় : গোলকের জ্যামিতি ১৮৩

১৫.০.২. একটি সমতল একটি গোলককে একটি বৃত্তে ছেদ কবিবে,
১৫.০.৩. মহাবৃত্ত, ছোটবৃত্ত, অক্ষবেধা এবং পোল, ১৫.০.৪. গোলাকের
উপবিস্ত্র যে কোন দুইটি বিন্দুকে যতগুলি বক্রবেধা দ্বারা যোগ করা
যাব তৎমধ্যে বিন্দু দ্বয়গামী মহাবৃত্তের ক্ষুদ্রাংশের দৈর্ঘ্য সব্যাপেক্ষা কম,
১৫.০.৫. গোলকের উপর একটি বৃত্ত লওয়া হইলে এই বৃত্তের যে কোন
পোল হইতে বৃত্তের পরিসীমার উপর যে কোন বিন্দুর কৌণিক দূরত্বকে

(আট)

গোলাকার ব্যাসার্ধ বলে, ১৫.০.৬. আরোহী বস্তু, ১৫.০.৭. দুইটি মহাবস্তু পরস্পরকে ছেদ করিলে উহাদের মধ্যে কি কোন উৎপন্ন হয় তাহাব পরিমাণ, ১৫.০.৮. গোলকীয় ত্রিভুজ, ১৫.০.৯. কয়েকটি সূত্র, ১৫.১. জ্যোতিক্ষের অবস্থান নির্ণয়মূলক কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়, ১৫.২. মহাদ্বাষিমা এবং মহাস্কাংশ সম্বন্ধে জ্ঞাতব্য বিষয়, ১৫.৩. পৃথিবীর আর্থিক এবং বার্ষিক গতি সম্বলিত সমস্তবলী, ১৫.৪. সমস্ত সম্বন্ধে আরও কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়, ১৫.৫. প্রতিসরণ সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়, ১৫.৬. গোখুলি সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয় ১৫.৭. চন্দ্র সম্বন্ধে আবও কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়, ১৫.৮. চন্দ্রগ্রহণ এবং সূর্যগ্রহণ সম্বন্ধে আরও কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়, ১৫.৯. গ্রহ এবং তাহাদের গতিবিধি সম্বন্ধে

ষোড়শ অধ্যায় : নক্ষত্র ছায়াপথ ইত্যাদি ২৬১

১৫.২. নক্ষত্রের দূরত্ব, ১৬.২. নক্ষত্রের গতি, ১৬.৩. নক্ষত্রের উজ্জলতাব প্রকাশভেদে শ্রেণী বিভাগ, ১৬.৪. নক্ষত্রের বায়ুমণ্ডল, ১৬.৫. পরিবর্তনশীল নক্ষত্র, ১৬.৬. বিহু নক্ষত্র, ১৬.৭. নক্ষত্র, "পূজ" ১৬.৮. নেবুলা, ১৬.৯. ছায়াপথ, ১৬.১০. বহির্বিষয়ের, ২৬.১১. The Magellanic Clouds

সপ্তদশ অধ্যায় : জ্যোতিক্ষের সহিত পরিচয় ২৭৫

১৭.১. ভূমিকা ১৭.২. নক্ষত্রের নামকরণ, ১৭.৩. আন্তহীন, ১৭.৪. শীতকালীন নক্ষত্র সমূহ, ১৭.৫. বসন্ত কালীন নক্ষত্র সমূহ, ১৭.৬. গ্রীষ্মকালীন নক্ষত্র সমূহ, ১৭.৭. শরৎ কালীন নক্ষত্র সমূহ, ১৭.৮. দক্ষিণাকাশের নক্ষত্র সমূহ, ১৭.৯. গ্রহগুলিকে চিনিবার উপায়

প্রথম অধ্যায় অবতরণিকা

অতীতকালে মানুষের চিন্তাধারায় পৃথিবী (Earth) একটি অতিকায় স্থির (immobile) জড়পিণ্ড বলিয়া পবিগণিত হইত। তাহাব দৃষ্টিতে, পৃথিবী বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের কেন্দ্রে অবস্থিত এবং পৃথিবীকে কেন্দ্র করিয়া যাবতীয় জ্যোতিষ্ক (stars) নিদিষ্ট পথে চলাফেরা করে। আকাশ একটি অতিকায় গোলকের মত পৃথিবীকে আবেষ্টন করিয়া আছে। স্বাভাবিক কারণেই মানুষের অতীত অভিজ্ঞতা আকাশকে একটা মহাশূন্য (empty space) বলিয়া মানিয়া লইতে পারে নাই। পৃথিবী যে সৃষ্টির বিশালতার ভুলনায় একটি বিন্দুবিশেষ এ-ধাবণা কখনই অতীতে স্পষ্ট হয় নাই।

১ জ্যোতিক-বিজ্ঞানের চিন্তাধারায় অগ্রগতি

অতীতকাল হইতেই চিন্তাশীল ব্যক্তিরা আকাশে জ্যোতিকমণ্ডলীর অবস্থান (position) এবং চলাব পথ বা পৰিক্রমণ-পথ (paths of motion) মনোযোগের সহিত লক্ষ্য করিয়া আসিতেছিলেন এবং তাঁহাদের পর্যবেক্ষণ-ফলের পিছনে সম্ভাব্য নানা নিষমের অনুসন্ধান করিয়া আসিতেছিলেন। সকল পর্যবেক্ষকেরই স্থির বিশ্বাস ছিল যে আকাশের গ্রহ, উপগ্রহ, নক্ষত্র ইত্যাদি চলাচলের পিছনে নিশ্চয়ই কোন শূন্য বা নিষমের বাজ্র বিবাজ্র করিতেছে। কিন্তু বিজ্ঞানের অগ্রাগ্র গাথা—গণিত, পদার্থবিজ্ঞা প্রভৃতির উন্নতি না হওয়া পর্যন্ত এই শূন্যাব সম্যক জ্ঞান পাওয়া সম্ভব হয় নাই।

ক্রমেই বৈজ্ঞানিকেরা বুঝিতে পারিলেন যে, সূর্য (Sun) একটি অতিকায় জ্বলন্ত গ্যাসপিণ্ডের গোলকবিশেষ এবং এই গোলকের ব্যাস (diameter) পৃথিবীর ব্যাসের শতগুণ অপেক্ষা বৃহত্তর। তাঁহারা আবও বুঝিতে পারিলেন যে, পৃথিবী অগ্রাগ্র গ্রহের দ্বারা একটি শক্ত, ঠাণ্ডা জড়পিণ্ড বিশেষ। ইহা ছাড়া সৌরজগতের (solar system) ক্ষুদ্র বৃহৎ

অনেক গ্রহ আছে বাহ্যিক সূর্যের চারিদিকে নির্দিষ্ট পথে অহবহ ঘূর্ণিতোছে। আবার কতকগুলি জ্যোতিষ (যেমন ধূমকেতু—comet) সূর্যের চারিদিকে খুব সৰু পথে (elongated path) ঘূর্ণিতোছে। তাহাদের পবিত্রপথ এবং সমন্বিত নির্দিষ্ট। সূর্য এবং গ্রহ (planets), উপগ্রহ (satellites), ধূমকেতু (comet) মিলিয়া সূর্যের জগৎ বা সৌরজগৎ (solar system) গঠিত হইয়াছে। আমাদের এই সৌরজগতে বহির্বিদ্য থেকে সমন্বিত কোন জ্যোতিষ কক্ষস্থিত হইয়া আসিয়া পড়ে। তখন আমরা উভাপাত (meteoroids) লক্ষ্য করি। এইগুলি ক্ষুদ্র বৃহৎ নানা আকারের পদার্থ। আমাদের পৃথিবী অন্তর্গত গ্রহের ভ্রমণ একটী গ্রহ এবং প্রত্যেক গ্রহ, উপগ্রহ সূর্য হইতে আলো এবং তাপ লইয়া আলোকিত এবং উত্তপ্ত হয়। সূর্য একটী নক্ষত্র (star) এবং মহাবিশ্ব (space) এইরূপ অসংখ্য নক্ষত্র আছে। নক্ষত্রগুলি প্রত্যেকেই উত্তপ্ত অগ্নিপিত্ত এবং নিজের আলোকে আলোকিত।

বিংশ শতাব্দীর পূর্ব পর্যন্ত জ্যোতিষবিজ্ঞানীদের (astronomers) চিন্তাধারা শুধুমাত্র গ্রহগুলির মধ্যেই প্রধানতঃ সীমাবদ্ধ ছিল। সূর্য সহস্র বীতিমত গবেষণা এই শতাব্দীতে শুরু হইয়াছে। গ্রহ সহস্র গবেষণার কারণ এই যে, গ্রহগুলি পৃথিবীর মত এবং প্রধান কোঁতুহল এই যে, অন্তর্গত গ্রহে জীবন (life) আছে কিনা এবং জীবনের অস্তিত্ব থাকিলে তাহাদের স্বরূপ কি?

যাহা হউক, মানুষের কোঁতুহল অজ্ঞানাকে জানিবার প্রেবণা সর্বদাই দিয়াছে। ১৬০০ খ্রীষ্টাব্দে জর্নিক সাধু প্রচাৰ কবিরাছিলেন যে, প্রত্যেকটী নক্ষত্রই একটী সূর্য। এই কারণে সাধুকে ধর্মের নামে পুড়াইয়া ফেলা হয়। কিন্তু ১৮০৮ খ্রীষ্টাব্দে বেসেল (Bessel) নামক জার্মান বৈজ্ঞানিক ৬১ সিগ্নাই (61 cygni) নক্ষত্রের প্যারাল্যাক্স (parallax—পৃথিবীর বার্ষিক গতি হইতে উৎপন্ন নক্ষত্রের কৌণিক অবস্থানজনিত ভ্রান্তি বিশেষ) মাপিয়া নক্ষত্রের পৃথিবী হইতে দূরত্ব নির্ণয় কবিতো সক্ষম হইয়াছিলেন। ইহাব ফলে যে গবেষণার স্বরূপাত হয় তাহা যাহা নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয় যে, নক্ষত্রগুলি এক একটী সূর্যবিশেষ। আলো (light) প্রতি

সেকেন্ডে ১,৮৬,০০০ মাইল বা ৩×১০^৮ মিটার বেগে প্রবাহিত হয়। সূর্য হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় ৮ মিনিট সময়ের প্রয়োজন। কিন্তু কোন নিকটবর্তী নক্ষত্র হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় তিন বৎসর সময়ের প্রয়োজন হইবে। অর্থাৎ এই নক্ষত্র যদি এই মুহূর্তে নিভিয়া যায়, তাহা হইলে আমরা তিন বৎসর পৰ ইহার অস্তিত্ব হাবাইব। অতএব আকাশ এবং মহাশুন্নের ধারণা ক্রমেই বৃহৎ হইতে বৃহত্তর হইতে চলিয়াছে।

উইলিয়ম হার্সেল (William Herschel, 1787) নামক ইংবেজ জ্যোতির্বিদ ১৭৮৭ সালে প্রমাণ করিলেন যে, নক্ষত্রগুলি যথেষ্টাক্রমে আকাশে ছড়াইয়া নাই বরং তাহারা অনেকগুলি মিলিয়া একটি বিশাল গ্যালাক্সী (galaxy) সৃষ্টি করে। আমরা যে ছায়াপথ (The Milky Way) ব্যতিক্রমে দেখিতে পাই উহা অসংখ্য নক্ষত্রপুঞ্জের আলোকে আলোকিত হইয়া আমাদের দৃষ্টিপথে প্রতিফলিত হয়। গ্যালাক্সীতে পৃথক নক্ষত্র ছাড়াও বাশি বাশি নক্ষত্রপুঞ্জ একত্র হইয়া অস্বচ্ছ আলোকিত মেঘ (নেবুলা—nebula) বিবাজ করিতেছে। এই সমস্ত গ্যালাক্সী ব্যাস এত বিশাল যে ইহা এক প্রান্ত থেকে-অন্ত প্রান্তে যাইতে আলোর ১,০০০০০ বৎসর প্রয়োজন হইবে।

২. 'জ্যোতির্ক-বিজ্ঞান' বিজ্ঞানের একটি শাখা

জ্যোতির্ক-বিজ্ঞান গ্রহ-নক্ষত্র ইত্যাদি জ্যোতির্কদেব বিজ্ঞান এবং জ্যোতির্ক-বিজ্ঞানী দু'থেকে তাঁহার গবেষণার বিষয়গুলি অবলোকন করিবেন। সমগ্র বিশ্বই তাঁহার ল্যাবরেটরী। কিন্তু জ্যোতির্ক-বিজ্ঞান লইয়া অতীতে অনেক কুসংস্কারের আবির্ভাব হইয়াছে। মানুষের জ্ঞানের ক্ষুধা এবং তাহার ভবিষ্যতের সন্ধান লইয়া যে কুসংস্কার এবং অন্ধ-বিশ্বাসের সৃষ্টি হইয়াছে তাহা জ্যোতির্কশাস্ত্র (astrology)। বৈজ্ঞানিক দৃষ্টিভঙ্গী হইতে দেখিলে জ্যোতির্ক-বিজ্ঞানকে পরীক্ষা এবং পর্যবেক্ষণের আওতায় ফেলিয়া গবেষণা করিতে হইবে। বিজ্ঞানের উদ্দেশ্য হইল প্রকৃতির জটিল প্রক্রিয়াগুলির অন্তর্নিহিত অপেক্ষাকৃত সহজ নিয়মগুলিকে

বুঝিতে বা বুঝাইতে চেষ্টা করা। ধর্মের সহিত বিজ্ঞানের কোন বিরোধ নাই। উভয়ের পথই ভিন্ন। আমবা সংক্ষেপে বিভিন্ন দেশে বিভিন্ন সময়ে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানের অগ্রগতি সম্বন্ধে আলোচনা করিব।

৩ প্রাচীন জ্যোতিষ-বিজ্ঞান

বিজ্ঞানের শাখা হিসাবে জ্যোতিষ-বিজ্ঞান প্রাচীন গ্রীস দেশে অধ্যয়ন করা হয়। ইহার পূর্বে চীন, পাক-ভাৰত-বাংলাদেশ, ইবাক এবং শিশর দেশে এই শাস্ত্র অধ্যয়ন করা হইত।

(ক) চীন দেশের জ্যোতিষ-বিজ্ঞান : প্রায় ৪০০০ বৎসর পূর্বে চীন দেশে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানের আলোচনা ধারাবাহিকভাবে আবন্ত হইয়াছিল এবং আকাশে জ্যোতিষমণ্ডলীর গতিবিধি লক্ষ্য করিয়া তাহাদের বিবরণ লিপিবদ্ধ করা হইয়াছিল। খ্রীষ্টের জন্মের প্রায় ২০০০ বৎসর পূর্বেই চীন দেশে এক প্রকার পঞ্জিকার ব্যবহার প্রচলিত হইয়াছিল। কথিত আছে যে, খ্রীষ্টপূর্ব ২১৫৯ অব্দে দুইজন জ্যোতিষ-বিজ্ঞানী 'হি' এবং 'হো' সঠিকভাবে সূর্যগ্রহণ এবং চন্দ্রগ্রহণের সময়-তাবিধি নিখুঁতভাবে নির্ণয় কবিত্তে অক্ষম হওয়ায় রাজ্যে কোপ-দৃষ্টিতে পড়েন এবং হত্যাবরণ কবিত্তে বাধ্য হন। চীন দেশীয় জ্যোতিষ-বিজ্ঞানীদের কয়েকটি আবিষ্কার বিশেষভাবে লক্ষণীয়। খ্রীষ্টপূর্ব ৩৫০ অব্দে 'শিসেন' প্রায় ৮০০ নক্ষত্রের একটি তালিকা প্রণয়ন করিয়া ছিলেন। তিনি কৌলিক দৃষ্টির ব্যবহার কবিয়াছিলেন। তিনি বৃত্তকে মোট ৩৬৫৬ অংশে বিভক্ত কবিয়াছিলেন। ইহাব কারণ এই যে, এক বৎসরে মোট ৩৬৫৬ দিন আছে। ইহা হইতে বুঝা যায় যে, চীন-দেশে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানিগণ বৎসরের দৈর্ঘ্য নিখুঁতভাবেই নির্ণয় কবিয়া-ছিলেন। ঐ সময়ে বৎসরের ক্ষুদ্রতম দিনে সূর্যের অবস্থানও নির্ণীত হইয়াছিল। ২৫ খ্রীষ্টাব্দে সূর্যগ্রহণের সময় নিখুঁতভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হইয়াছিল। খুমকেতু এবং উচ্চা পতনের পূর্ণ তালিকা খ্রীষ্টপূর্ব ৭০০ অব্দ হইতেই চীনদেশে বাখা হইত। এমন কি নগ্ন চোখে দেখা সূর্যের উপরিভাগের কৃষ্ণদাগ (sun spot) তালিকাভুক্ত হইয়াছিল। কতকগুলি

নক্ষত্ৰ সাধাবণতঃ খুব ব্যাপসা দেখা যায়, কিন্তু হঠাৎ কয়েক দিন বা সপ্তাহেৰ ভিত্ত তাহাদেৰ ঔজ্জ্বল্য বৃদ্ধি পাইবা খুব বড় আকাৰে দেখা যায়। এইরূপ নক্ষত্ৰকে 'নোভা' (Nova) বলে। ১০৬৪ খ্রীষ্টাব্দে 'টবাস' (Taurus) 'বান্ধিৰ' (constellation) ব্ৰহ্ম নোভাব আবিৰ্ভাব চীন-দেশেৰ জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানেৰ অন্তৰ্ভুক্ত হইয়াছে। সেই মহান বান্ধিৰ অবশিষ্ট এখনও 'ব্ৰশ্চিক' বান্ধিৰ আকাৰে (crab nebula) দেখা যায়।

(খ) হিন্দু জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান : ভাৰতে জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান বহুদিন হইতে সমাজে আদৃত হইবা আসিতেছে। কিন্তু এই জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান বৈজ্ঞানিক পটভূমিকাৰ সীমা ছাড়িবা জ্যোতিষশাস্ত্ৰে (astrology) কপাস্তবিত হইবাছিল এবং ভণ্ড জ্যোতিষবিদ্ এখনও পৰ্যন্ত ইহাৰ সুযোগ গ্রহণ কৰিবা সমাজকে বিপথে চালাব। হিন্দু সমাজে ইহাৰ প্ৰভাব অপবিসীম। বাহা হউক আনুমানিক ৩০০ খ্রীষ্টাব্দেৰ পৰা হইতে ভাৰতেৰ অধিবাসিগণ কয়েকটি উল্লেখযোগ্য ঘটনা আবিষ্কাব কবিত্তে সক্ষম হইবাছিলে। তাঁহাৰা পৃথিবীৰ ব্যাস (diameter) ৭৮৪০ মাইল নিৰ্ণয় কৰিবাছিলে। পৃথিবীৰ প্ৰকৃত ব্যাস ৭৯২৭ মাইল। তাঁহাৰা পৃথিবী হইতে চন্দ্ৰেৰ দূৰত্ব আবিষ্কাব কৰে। তাঁহাদেৰ মতে এই দূৰত্ব ২,৫০,০০০ মাইল। প্ৰকৃত দূৰত্ব ২,৩৯,০০০ মাইল। সবচেয়ে প্ৰধান ভাৰতীয় আবিষ্কাব হইল বীজগণিত এবং সংখ্যা লিখিবাৰ পদ্ধতি। আববগণ এই বীজগণিত এবং সংখ্যা লিখিবাৰ পদ্ধতি ভাৰত হইতে গ্ৰহণ কৰিবা ইউৰোপে লইবা গিবাছিলে। এবং মধ্যযুগে ইহাদেৰ ব্যবহাৰ বহুল পৰিমাণে কৰিবাছিলে।

(গ) ব্যাবিলনেৰ জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান : ব্যাবিলনেৰ অধিবাসিগণ খ্রীষ্টপূৰ্ব ২০০০ অব্দে পঞ্জিকা নিৰ্ণয় কৰিবাছিলে। তাঁহাদেৰ বৎসবে ৩৬০ দিন এবং ১২ মাস ছিল। ইহা ছাড়া কয়েক বৎসৰ পৰা পৰা ১২ মাসেৰ পৰিৱৰ্ত্তে ১৩ মাস থবা হইত। ইহা দ্বাৰা তাঁহাদেৰ অশুদ্ধ বৎসবকে সংশোধন কৰা হইত। ইহা ছাড়া ব্যাবিলনেৰ অধিবাসীবা 'সূৰ্য ডায়াল' (sun dial) আবিষ্কাব কৰিবাছিলে এবং

দিনকে ঘণ্টা, মিনিট এবং সেকেন্ডে বিভক্ত করিয়াছিলেন।

খ্রীষ্টপূর্ব ৬০০ অব্দে ব্যাবিলনবাসীরা চন্দ্র, সূর্য এবং গ্রহের অবস্থান এবং তাহাদের গ্রহণকাল (eclipses) ভবিষ্যদ্বাণী করিয়াছিলেন। তাঁহারা নিখুঁতভাবে চন্দ্রগ্রহণের আবর্তনকাল (১৮ বৎসরের আবর্তনকাল) নির্ণয় করিয়াছিলেন। ইহাকে 'সারোস' (saros or chaldean saros) বলে। ইহাৰ অর্থ এই যে, প্রতি ১৮ বৎসর পর পর চন্দ্রগ্রহণ বৎসবে একই সময়ে ঘটিতে থাকিবে।

অনেকেই মনে করেন যে, উপবোল্লিখিত আবিষ্কার ছাড়াও ব্যাবিলনের অধিবাসীরা জ্যোতিষশাস্ত্র (astrology) আবিষ্কার করিয়াছিলেন। ইহাৰ ফলে বহুমূল্য কুসংস্কার সৃষ্টি হইয়াছে যে আকাশের জ্যোতিষ্কমণ্ডলী পৃথিবীতে মানুষের ভাগ্য নিয়ন্ত্রণ কবে।

(ঘ) গ্রীষ্ম দেশের জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান : গ্রীষ্ম দেশে পুরাতন কালে জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানের আলোচনা ধর্মীয় নেতাদের মধ্যেই সীমাবদ্ধ ছিল। তাঁহারাও এক প্রকার পঞ্জিকার ব্যবহার করিতেন এবং তাঁহাদের বৎসবে ৩৬৫½ দিন ছিল এবং ঋতু পরিবর্তনের সময় তাঁহারা সঠিকভাবেই নিরূপণ করিতেন। নীল নদের বাৎসরিক বন্যার সময় নির্ণয় জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানীদের একটি প্রধান কার্য ছিল।

(ঙ) গ্রীক দেশীয় বা ইউনানী জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান : প্রাচীন কালের গ্রীকদের মতে, আকাশ একটি অসীম গোলক এবং ইহাৰ তলে নক্ষত্রগুলি এক একটি মুক্তাব মত বসানো আছে। আকাশ একটি কাল্পনিক বেধাকে কেন্দ্র করিয়া ঘুরিতেছে এবং এই বেধা পৃথিবীর মধ্য দিয়া গিয়াছে। গ্রীকগণ লক্ষ্য করিয়াছিলেন যে, উত্তর-আকাশে বর্তমান কালের ঋতুবার (Polaris) সন্নিহিতে একটি স্থির বিন্দু আছে এবং ইহা অগ্রান্ত্র নক্ষত্রের সহিত আবর্তনে অংশ গ্রহণ কবে না। অতএব আকাশের অক্ষরেখা (কাল্পনিক) এই বিন্দু দিয়া গিয়াছে। ঐকপ দক্ষিণ আকাশে একটি বিন্দু আছে। এই দুইটি বিন্দুকে যথাক্রমে উত্তর এবং দক্ষিণ ঋতু-বিন্দু (celestial poles) বলে।

যখন সূৰ্যোদয় হয় তখন সূৰ্যেৰ আলোক আকাশে ছড়াইয়া পড়ে এবং বায়ুমণ্ডলেৰ 'অণু', 'প্ৰমাণু' (molecules, atoms) দ্বাৰা বিক্ষিপ্ত (scattered) হইয়া আকাশকে নীল দেখায়। গ্ৰীকগণ জানিতেন যে, ঐ নীল আকাশেৰ আড়ালে যাবতীৰ নক্ষত্ৰ লুকাইয়া বহিষাছে।

সাবা বৎসৰ সূৰ্যেৰ অবস্থান ক্ৰমশঃই পৰিবৰ্তিত হইতে থাকে এবং প্ৰতিদিন সূৰ্য অস্ত্ৰান্ত নক্ষত্ৰেৰ তুলনাৰ গড়ে ৪ মিনিট পৰে পূৰ্ব আকাশে উদিত হয়। অতএব আকাশে সূৰ্যেৰ নিজস্ব একটী গতি আছে। গ্ৰীকগণ আকাশে সূৰ্যেৰ এই আপেক্ষিত গতিপথ কল্পনা কৰিষাছিলেন। ইহাকে কক্ষপথ (ecliptic) বলে। চন্দ্ৰ যখন এই পথেৰ উপৰ বা সন্নিহিতে থাকে তখন চন্দ্ৰগ্ৰহণ (eclipse) হয়। সূৰ্য ব্যতীত চন্দ্ৰ এবং গ্ৰহগণকে আকাশে অস্ত্ৰান্ত নক্ষত্ৰেৰ তুলনাৰ অবস্থান পৰিবৰ্তন কৰিতে দেখা যায়। চন্দ্ৰ প্ৰায় এক মাসে আকাশে একবাব সম্পূৰ্ণভাবে ঘূৰিয়া আসে। গ্ৰীকগণ লক্ষ্য কৰিষাছিলেন যে, চন্দ্ৰ এবং মঙ্গল (Mars), বুধ (Pluto), বৃহস্পতি (Jupiter) ইত্যাদি গ্ৰহগণ আকাশে ভ্ৰমণ কৰিষা থাকে এবং অবশিষ্ট প্ৰায় সব নক্ষত্ৰ আকাশে পৰস্পৰেৰ আপেক্ষিক দূৰত্ব স্থিৰ বাখে। এইজন্ত প্ৰাচীনকালেৰ গ্ৰীকগণ গ্ৰহকে (planets) ভ্ৰমণকাৰী জ্যোতিষ্ক (wandering stars) এবং স্থিৰ জ্যোতিষ্কে নক্ষত্ৰ (star) বলিষা অভিহিত কৰিতেন। সেকালে চন্দ্ৰ, সূৰ্য, মঙ্গল, বুধ, শনি, শুক্ৰ এবং বৃহস্পতি (Sun, Moon, Mars, Mercury, Saturn Venus and Jupiter) এই সাতটি জ্যোতিষ্কেই 'গ্ৰহ' (planets) আখ্যা দেওয়া হইয়াছিল এবং তাহাদেৰ গতিবিধি সম্বন্ধে জ্ঞান অৰ্জন কৰিব্যৱ জন্ত অনেক গবেষণা কৰা হইত। আমবা সপ্তাহেৰ সাতটি দিন এই জ্যোতিষ্কগুলিৰ আলোচনা হইতে পাইবাছি। যেমন—সোমবাৰ, চন্দ্ৰদিন ইত্যাদি।

ব্ৰাশিচক্ৰ

গ্ৰহ এবং চন্দ্ৰেৰ কক্ষপথগুলিৰ সূৰ্যেৰ কক্ষপথেৰ অতি নিকটে অবস্থিত থাকিতে দেখা যায়। ইহাৰ কাৰণ এই যে, এই জ্যোতিষ্কগুলিৰ সকলেই একই সমতলে থাকিষা সূৰ্যেৰ চাৰিদিকে আবৰ্তন কৰিতেছে। এই কক্ষপথগুলি সূৰ্যেৰ কক্ষপথেৰ (বা পৃথিবীৰ কক্ষপথেৰ) উভয় পাৰ্শ্বে সৰু

বেষ্টের (বলয়) মধ্যে অবস্থিত । এই বেষ্টকে রাশিচক্র (zodiac) বলে । এই রাশিচক্রকে ১২টি রাশিতে বিভক্ত করা হইয়াছিল : Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpio, Sagittarius, Capricornus, Aquarius and Pisces.

গ্রহগণের বিশেষ রাশিতে অবস্থানের সহিত যে মানুষের ভাগ্যের সংঘটন বিবাজ্য কথিত হইয়াছে প্রাচীনকাল হইতেই একপ কুসংস্কার চলিয়া আসিতেছে । গ্রীকগণ আলেকজান্ডারের সহিত ভাবতে আগমন করিয়া ভারতের হুণ্ডিকায এই কুসংস্কারের বীজ বপন করিয়াছিলেন এবং আজিও ইহার প্রভাব শেষ হয় নাই ।

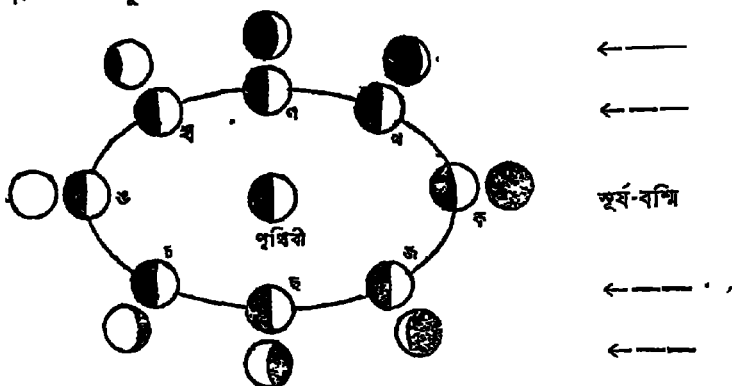
নক্ষত্রপুঞ্জ (Constellations)

গ্রীকগণ আকাশে নক্ষত্রপুঞ্জের অবস্থান অনুসারে আকাশকে কতকগুলি অংশে বিভক্ত করিয়া প্রত্যেক অংশের নক্ষত্রপুঞ্জকে একটি নাম দিয়াছিলেন । আধুনিক জ্যোতিক-বিজ্ঞানিগণও এই নামকরণ গ্রহণ করিয়াছেন । কিন্তু এই নক্ষত্রপুঞ্জের নামের সহিত ইহাদের চেহারার কোন মিল না থাকায় কিছু বিভ্রান্তির সৃষ্টি হওয়া স্বাভাবিক ।

চন্দ্রের ক্ষয়-বৃদ্ধি (Moon's phases)

গ্রীক দার্শনিক অ্যাবিস্টটল (Aristotle) চন্দ্রের ক্ষয়-বৃদ্ধি সম্বন্ধে সঠিক বর্ণনা ব্যাখ্যা গিয়াছেন । তাঁহার মতে পৃথিবী নিশ্চল (stationary) এবং চন্দ্র অপেক্ষা সূর্য অনেক দূরে অবস্থিত । কেননা, চন্দ্র সমস্ত সময় পৃথিবী এবং সূর্যের মাঝখানে আসিয়া সূর্যের আলোক পৃথিবীতে আসিতে বাধা দেয়, ফলে সূর্যগ্রহণ ঘটনা থাকে । চন্দ্রের আকাশে অবস্থানানুযায়ী ষতটা সূর্যালোক আমাদের চক্ষুপথে পতিত হয়, আমরা চন্দ্রের ততটুকুই দেখিতে পাই । যখন চন্দ্র এবং সূর্য পৃথিবী হইতে একই দৃষ্টপথে থাকে তখন আমরা চন্দ্রের আলোকিত অংশ দেখিতে পাই না । এইজন্য ইহা অমাবস্যা (new moon or no moon) । এই সময় সূর্যগ্রহণ হইবার সম্ভাবনা থাকে । কিন্তু সাধারণতঃ এই সময় চন্দ্র থেকে পৃথিবী-সূর্য লাইনের একটু উপরে বা একটু নীচে । ইহার কারণ এই যে, চন্দ্রের গতিপথ

সূৰ্যৰ গতিপথেৰে সহিত সামান্য হেলিমা থাকে (৫°)। চিত্ৰে 'ক' অবস্থান দেখুন।



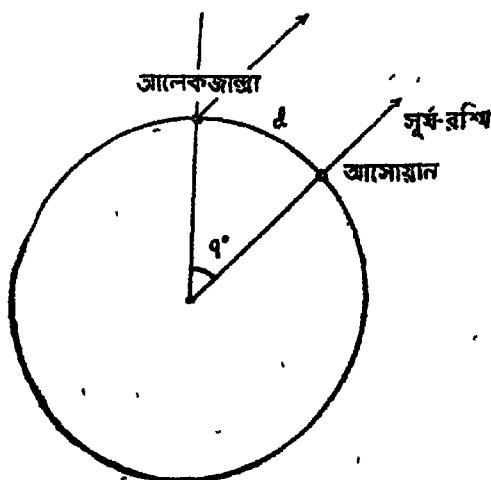
কৰেকদিন পৰা যখন চন্দ্ৰ 'খ' অবস্থানে আসে তখন পৃথিৱী হইতে আমবা ইহাৰ আলোকিত অংশেৰে সামান্য দেখিতে পাই। এইৰূপে 'ক' হইতে 'ঙ' অবস্থানে আসিবাব দিন পৰ্যন্ত ক্ৰমশঃই আমবা চন্দ্ৰেৰ আলোকিত অংশেৰে অধিকতৰ দেখিতে পাই। 'ঙ' অবস্থানে আমবা 'পূৰ্ণচন্দ্ৰ' (full moon) দেখি। তাৰপৰা চন্দ্ৰ আৰাব 'ঙ' হইতে 'ক' অবস্থানে আসিতে থাকিলে ক্ৰমশঃ ইহাৰ পৃথিৱীৰ দিকে নিষ্কিণ্ণ আলোকিত অংশেৰে পৰিমাণ কমিতে থাকে। পূৰ্ণচন্দ্ৰেৰ অবস্থানে সমৰ সমৰ পৃথিৱীৰ ছাৰা চন্দ্ৰেৰ উপৰ পতিত হইলে আমবা চন্দ্ৰগ্রহণ (Lunar eclipse) দেখি। অ্যাবিস্টটলেৰ সমৰ চন্দ্ৰেৰ এই 'ক্ষ-বৃদ্ধি'ৰ জ্ঞান সতাই বিশ্বকৰ-

'পৃথিৱী যে গোলাকাৰ' অ্যাবিস্টটল তাহা বুঝাইবাৰ চেষ্টা কৰিষাছিলেন। তিনি বলিষাছেন যে, চন্দ্ৰেৰ উপৰ পৃথিৱীৰ ছাৰা পতিত হইবা যে চন্দ্ৰগ্রহণ সৃষ্টি কৰে সেই ছাৰা সব সমৰ গোলাকাৰ। ইহা দ্বাৰা প্রমাণিত হৰ যে, পৃথিৱী গোলাকাৰ। দ্বিতীয় প্রমাণ হিসাবে অ্যাবিস্টটল লিখিষাছিলেন উত্তৰ দিকেৰ ভ্রমণকাৰী লক্ষ্য কৰিষা থাকেন যে, নক্ষত্ৰগুলি দিগন্ত বেৰাৰ অপেক্ষাকৃত উপৰে উঠিষা থাকে। তেমনি দক্ষিণগামী ভ্রমণকাৰীবা উৰ্টা ফল লক্ষ্য কৰিবেন। পৃথিৱী গোলাকাৰ না হইলে এইৰূপ ঘটনা সম্ভব হইত না।

অ্যাবিস্টটলের পর গ্রীক বিজ্ঞানের আবিষ্কাবে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানে পৰিমাপ-প্রক্রিয়ার (method of measurements) সাহায্য লওয়া হয়।

এরাটোস্থিনিসের পৃথিবীর ব্যাস নির্ণয়

কল্পনা করুন যে, সূর্যের বশ্বিসকল পরস্পর সমান্তরাল। সূর্য পৃথিবী হইতে এত দূরে অবস্থিত যে, আমরা সূর্য-রশ্মিকে সমান্তরাল কল্পনা করিয়া নিম্নলিখিত গণনা করিতে পারি। এরাটোস্থিনিস (Eratosthenes) মিশর দেশে দুইটি স্থান আলেকজান্দ্রিয়া এবং আসোয়ান পছন্দ করেন। তিনি লক্ষ্য করেন যে, ২২শে জুন দ্বিপ্রহবে আসোয়ানে একটি খাড়া স্তম্ভের ভিতর সূর্য-রশ্মি সোজা হইয়া পতিত হয়। ইহাৰ অর্থ এই যে, ঐদিন আসোয়ান সূর্যের ঠিক নীচে অবস্থিত। কিন্তু উক্তর দিকে আলেকজান্দ্রিয়াতে সূর্য-রশ্মি খাড়া বেখাৰ (vertical) সহিত প্রায় ৭° কোণ উৎপন্ন করে। আসোয়ান হইতে আলেকজান্দ্রিয়ার দূরত্ব জানিয়া গোলকীয় পৃথিবীর পরিসীমা নির্ণয় সম্ভব। (নিম্নের চিত্র দেখুন)।



মনে করুন আসোয়ান-আলেকজান্দ্রিয়ার দূরত্ব = d . অতএব, সমগ্র পৃথিবীর পরিসীমা C হইবে

$$C = \frac{৩৬০}{৭} \times d$$

এইভাবে উত্তৰ-দক্ষিণে পৃথিবীৰ পৰিসীমাব মান ইহাব প্ৰকৃত মান ২৪,৯০০ মাইলেৰ প্ৰায় শতকৰা ১ ভাগেৰ মध्ये নিৰ্ণয় কৰা হইয়াছিল।

হিপাৰকাস (Hipparchus)

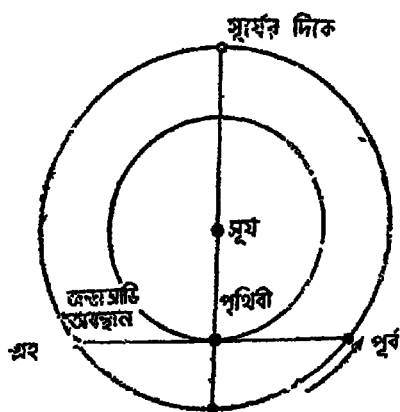
খ্ৰীষ্টপূৰ্ব ১৫০ অব্দে হিপাৰকাস নামক গ্ৰীক জ্যোতিষ-বিজ্ঞানী বোডস ৰীপে একাট অবজাৰভেটৰী (observatory) নিৰ্মাণ কৰেন এবং কয়েকটি যন্ত্ৰেৰ সাহায্যে নক্ষত্ৰপুঞ্জৰ সঠিক দিক নিৰ্ণয় কৰিতে সক্ষম হন। তিনি প্ৰায় ১ সহস্ৰ তাৰকাৰ তালিকা প্ৰস্তুত কৰেন এবং প্ৰত্যেকটি তাৰকাৰ স্থান নিৰ্ণয় কৰিবাব জন্ত স্থানাঙ্ক (co-ordinates) ব্যবহাৰ কৰেন। উজ্জলতাৰ উপৰ ভিত্তি কৰিষা হিপাৰকাস নক্ষত্ৰ-গুলিকে ৬ ভাগে বিভক্ত কৰেন এবং প্ৰত্যেক নক্ষত্ৰ অশ্ব নক্ষত্ৰেৰ তুলনাৰ কত উজ্জল তাহা স্থিৰ কৰেন। তিনি সৰ্বপ্ৰথম আবিষ্কাৰ কৰেন যে, ঋতাবকা (north polaris) গত ১৫০ বৎসৰে স্বকীয় স্থান পৰিবৰ্তন কৰিষাছে অৰ্থাৎ পৃথিবীৰ অক্ষবেখা ধীৰে ধীৰে দিক পৰিবৰ্তন কৰে। ইহাব প্ৰকৃত কাৰণ এই যে, পৃথিবীৰ উপৰ সূৰ্য এবং চন্দ্ৰেৰ মাধ্যাকৰ্ষণেৰ ফলে ক্ৰমশঃ ইহাব অক্ষবেখা (axis) স্বৰ্ণ্যমান লাটমেৰ মত দিক পৰিবৰ্তন কৰিষা থাকে। ইহাব আবৰ্তনকাল প্ৰায় ২৬,০০০ বৎসৰ।

ইহা ছাড়া হিপাৰকাস চন্দ্ৰেৰ দূৰত্ব এবং আয়তন নিৰ্ণয় কৰেন। তিনি সূৰ্য এবং চন্দ্ৰেৰ কৌণিক ব্যাস $\frac{1}{2}^\circ$ নিৰ্ণয় কৰেন। তিনি নিভুলভাৱে চন্দ্ৰগ্ৰহণেৰ সময় স্থিৰ কৰেন এবং তিনি সৰ্বপ্ৰথম সিদ্ধান্ত কৰেন যে পৃথিবীৰ কক্ষপথ একাট উপবৃত্ত (ellipse) এবং বৃত্তাকাৰ নহে।

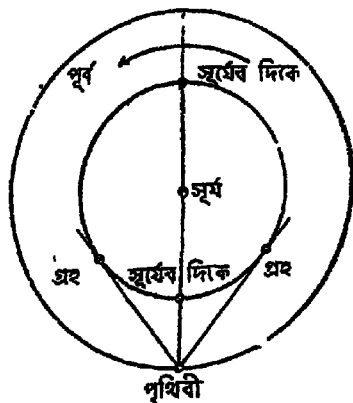
(৬) মধ্যযুগীয় জ্যোতিষ-বিজ্ঞান : মধ্যযুগীয় ইউৰোপে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানে উল্লেখযোগ্য কোন আবিষ্কাৰ সম্ভব হব নাই। মধ্যযুগীয় মন কতকটা অন্ধবিশ্বাসেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰিত। সৰ্বপ্ৰথম কপাৰনিকাস (Nicholas Copernicus) ১৫৩০ খ্ৰীষ্টাব্দে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, সূৰ্য স্থিৰ বস্তু এবং পৃথিবী সূৰ্যেৰ চতুৰ্দ্দিকে আবৰ্তন কৰিতেছে। কপাৰনিকাস পৃথিবীৰ বাৰ্ষিক গতিৰ সঠিক প্ৰমাণ দেন নাই। কিন্তু তিনি আপেক্ষিক গতি (relative motion) সম্বন্ধে বিশদভাবে

আলোচনা করেন। এই আপেক্ষিক গতিব সাহায্যে তিনি সিদ্ধান্ত কবেন যে, সূর্যের আপাত বার্ষিক গতিকে পৃথিবীর বার্ষিক গতি দ্বাৰা সহজে বর্ণনা করা সম্ভব। সূর্য হইতে দূরত্বানুযায়ী কপারনিকাস গ্রহগুলিকে পর্যাবক্রমে মার্কুরী (Mercury), শুক্র (Venus), পৃথিবী, মঙ্গল (Mars), বৃহস্পতি (Jupiter) এবং শনি (Saturn)-কে স্থাপন কবেন এবং সিদ্ধান্ত করেন যে, সূর্যের নিকটবর্তী গ্রহ অপেক্ষাকৃত দূরবর্তী গ্রহ অপেক্ষা দ্রুতবেগে সূর্যের চাৰিদিকে আবর্তন করিতেছে। তাঁহাব মতানুযায়ী গ্রহের আবর্তনধাৰা নিম্নে বর্ণিত হইল :

যে গ্রহ সূর্য হইতে পৃথিবী অপেক্ষা দূৰে অবস্থিত তাহাকে “দূরবর্তী গ্রহ” (superior planet) এবং যে গ্রহ সূর্য হইতে পৃথিবী অপেক্ষা নিকটে অবস্থিত তাহাকে “নিকটবর্তী গ্রহ” (inferior planet) বলে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।



সূর্যের বিপরীত দিকে দূরবর্তী গ্রহের
গতিপথ—মঙ্গল, বৃহস্পতি এবং শনি



নিকটবর্তী গ্রহের গতিপথ—
বুধ এবং শুক্র

পৃথিবী কখনও কখনও সূর্য এবং দূরবর্তী গ্রহের মাঝখানে আসিয়া পড়ে। ঠিক সেই সময় আকাশে দূরবর্তী গ্রহকে সূর্যের বিপরীত

দিকে দেখা যায়। অৰ্থাৎ সূৰ্য্যাস্তৰ সময় গ্ৰহ পূৰ্বাকাশে উদ্ভিত হয় এবং সূৰ্যোদয়ৰ সময় পশ্চিমাকাশে অস্ত যায়। আমবা বলি যে, এই সময়ে গ্ৰহ সূৰ্য্যৰ বিপৰীতমুখী (in opposition)।

অন্ত সময় দুবৰতী গ্ৰহকে সূৰ্য্যৰ যে দিকে পৃথিবী তাহাৰ বিপৰীত দিকে দেখা যায়। এই অবস্থায় গ্ৰহ সূৰ্য্যভিমুখী (in conjunction) হয় এবং সূৰ্য্যৰ দিকে থাকে বলিষা আমবা ইহাকে আকাশে দেখিতে পাই না।

এই দুই অবস্থায় মাঝামাঝি সময়ে দুবৰতী গ্ৰহ সূৰ্য্য ও পৃথিবীৰ সহিত 90° কোণে আসিতে দেখা যায়। এই সময় গ্ৰহ দ্বিপ্ৰহবে আকাশে উদ্ভিত হয় এবং মধ্যৰাত্ৰিতে অস্ত যায়। ইহা গ্ৰহৰ আড়াআড়ি অবস্থা (quadrature)। পৃথিবী হইতে সূৰ্য্যৰ দিকে একটী বেখা এবং পৃথিবী হইতে গ্ৰহৰ দিকে অপৰ একটী বেখা কল্পনা কৰিলে এই দুইটী কাল্পনিক বেখাৰ মধ্যকাৰ কোণিক দূৰত্বকে আমবা গ্ৰহৰ "কোণিক ব্যবধান" (elongation) বলি। সূৰ্য্যভিমুখী গ্ৰহৰ কোণিক ব্যবধান 0° , বিপৰীত মুখে 180° এবং আড়াআড়ি অবস্থায় 90° ।

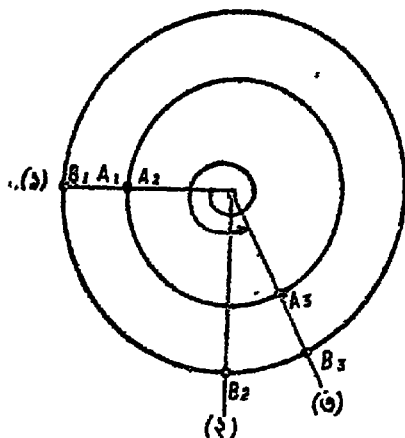
নিকটবৰ্তী গ্ৰহৰ গতিপথৰ চিত্ৰ লক্ষ্য কৰিলে দেখা যায় যে, কোন নিকটবৰ্তী গ্ৰহই বিপৰীতমুখী হইতে পারে না। ইহা সব সময় সূৰ্য্যাস্তৰ অন্তৰ্গত পৰে অথবা সূৰ্যোদয়ৰ কিছুক্ষণ পূৰ্বে আকাশে উদ্ভ হয়।

গ্ৰহৰ সাইডেৰিয়াল বৎসৰ এবং সাইনডিক বৎসৰ (Siderial and Synodic periods of a planet)

কপাবনিকাস প্ৰকৃতপক্ষে লক্ষ্য কৰেন যে, সূৰ্য্যৰ চতুৰ্দিকে গ্ৰহৰ প্ৰকৃত আবৰ্তনকাল (siderial period) এবং ইহাৰ আপেক্ষিক আবৰ্তনকাল [synodic period (পৃথিবীৰ তুলনায়)] দুইটী পৃথক। সূৰ্য্যৰ চতুৰ্দিক পৰিভ্ৰমণ কৰিষা অস্তান্ত জ্যোতিষ্কৰ গ্ৰাহ আপন অবস্থায় ফিৰিষা, আসিতে গ্ৰহৰ যে সময় লাগে উহাকে সাইডেৰিয়াল বৎসৰ (siderial period) বলে। অন্তৰ্গত গ্ৰহ পৃথিবীৰ তুলনায় পৰ পৰ সূৰ্য্যৰ বিপৰীতমুখী অবস্থানে আসিতে যে সময় নেৰ উহাকে সাইনডিক বৎসৰ,

(synodic period) বলে।

মনে করুন A এবং B দুইটি গ্রহ এবং A ক্ষুদ্রতর কক্ষপথে B অপেক্ষা দ্রুত আবর্তন করিতেছে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।



(১) সংখ্যক অবস্থায় A গ্রহ B গ্রহ এবং সূর্যের সহিত এক সরলরেখায় অবস্থিত। যখন A সূর্যের চতুর্দিকে আবর্তন করিবা (১) সংখ্যক অবস্থায় ফিবিবা আসে, ত্রিক সেই সময়ে B (২) সংখ্যক অবস্থায় এবং A, B এবং সূর্যের সহিত একই সরল রেখায় (৩) সংখ্যক অবস্থায়

আসে। অতএব B, A এবং সূর্য পব পব একই সরলরেখায় আসিতে A, B অপেক্ষা পূর্ণ একবার সূর্যকে প্রদক্ষিণ করিরা আসে। এখন B যদি পৃথিবী এবং A একটি নিকটবর্তী গ্রহ (inferior planet) হব তাহা হইলে (১) সংখ্যক অবস্থা হইতে (৩) সংখ্যক অবস্থায় আসিতে A গ্রহেব এক 'সাইনডিক বৎসব' সময় লাগিবে। অতএব যদি A পৃথিবী এবং B দূরবর্তী একটি গ্রহ হব তবে B-এর সাইনডিক বৎসবে পৃথিবী B অপেক্ষা অধিকবার সূর্যকে প্রদক্ষিণ করিবে।

পৃথিবী হইতে আমবা একটি গ্রহের সাইনডিক বৎসব নির্ণয় করিতে পারি। কপারনিকাস সাইনডিক বৎসব হইতে সাইডেরিভাল বৎসব নির্ণয় করিবার সূত্র আবিষ্কার করেন।

মনে করুন একটি গ্রহেব সাইডেরিভাল বৎসবেব মান S বৎসব এবং ইহাব সাইনডিক বৎসবেব মান P বৎসব। P বৎসবে পৃথিবী সূর্যের চারিদিকে P বাব আবর্তন করিবে (P প্রকৃতপক্ষে ১ বৎসব অপেক্ষা কম বা বেশী হইতে পারে)। কিন্তু উপরোক্ত গ্রহটি S বৎসবে সূর্যের

চাৰিটকৈ একবাব প্ৰদক্ষিণ কৰে। অতএব P বৎসৰে P/S -বাব ইহা সূৰ্যকৈ প্ৰদক্ষিণ কৰিবে। যদি গ্ৰহটি নিকটবৰ্তী হয়, তাহা হইলে ইহা পৃথিবী অপেক্ষা একবাব বেণী আবৰ্তন কৰিবে। অতএব এক্ষেত্ৰে,

$$P + ১ = P/S$$

$$\text{অথবা, } \frac{১}{S} = ১ + \frac{১}{P} \text{ (নিকটবৰ্তী গ্ৰহ)}$$

কিন্তু যদি গ্ৰহটি দূৰবৰ্তী (superior planet) হয় তাহা হইলে

$$P - ১ = P/S$$

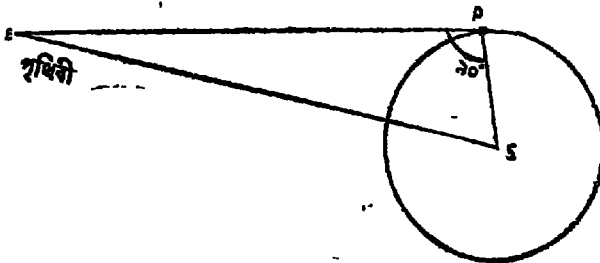
$$\text{অথবা, } \frac{১}{S} = ১ - \frac{১}{P} \text{ (দূৰবৰ্তী গ্ৰহ)}$$

উদাহৰণস্বৰূপ মনে কৰুন, বৃহস্পতি গ্ৰহেৰ সাইনডিক বৎসব ১০৯৪ বৎসব। স্নতবাং ইহাৰ সাইডেৰিয়াল বৎসব S হইবে।

$$\frac{১}{S} = ১ - \frac{১}{১০৯৪} \text{ অথবা } S = ১১.৮৬ \text{ বৎসব।}$$

সূৰ্য হইতে গ্ৰহেৰ দূৰত্ব

কপাবনিকাস সাইডেৰিয়াল বৎসবেৰ সাহায্যে গ্ৰহেৰ দূৰত্ব নিৰ্ণয় কৰিব। প্ৰথমে একাট নিকটবৰ্তী গ্ৰহ কল্পনা কৰুন। যখন এই গ্ৰহটি পৃথিবী হইতে বৃহত্তম কোণিক ব্যৱধানে আসে তখন পৃথিবী হইতে গ্ৰহ পৰ্যন্ত কল্পিত সবলবেখা উক্ত গ্ৰহেৰ কক্ষপথকে স্পৰ্শ কৰে (নিম্নেৰ চিত্ৰ দেখুন)।



পৃথিবী হইতে সূৰ্যেৰ দূৰত্ব

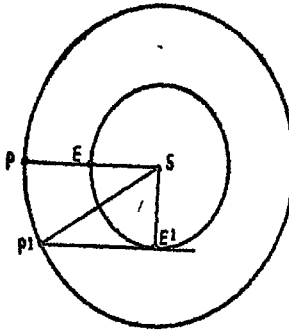
অতএব, কৌণিক ব্যবধান $\angle SEP = 0$ করিয়া করিয়া, আমরা পাই

$$SP \approx ES \text{ সাইন } 0$$

$SP \equiv$ সূর্য হইতে গ্রহের দূরত্ব।

$ES \equiv$ পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব

এখন একটি দূরবর্তী গ্রহের দূরত্ব বিবেচনা করুন। মনে করুন P নামক গ্রহ সূর্যের বিপরীতমুখী অবস্থানে আছে। এই সময় হইতে আবস্ত করিয়া



P বন্ধন আড়াআড়ি অবস্থায় আসে P' তখন E এবং P-এর অবস্থান E' এবং P'। এখন P এবং E এর সাইডেবিয়াল বংসব জানা থাকিলে $\angle PSP'$ এবং $\angle ESE'$ কোণ দুইটি নির্ণয় করা যায়। আবার $\angle E'SP'$ একটি সমকোণী ত্রিভুজ এবং $\angle SE'$ পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব।

অতএব $\angle P'S$ সহজে নির্ণয় করা যায়। এইরূপে পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্বকে 'একক' (unit) ধরিয়া কপারনিকাস নিরেব বর্ণিত নিয়মে গ্রহের দূরত্ব নির্ণয় করেন :

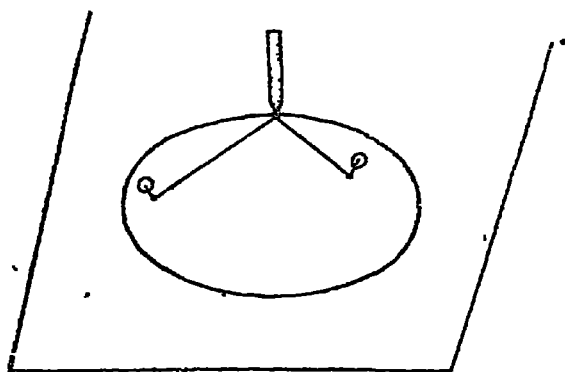
গ্রহ	দূরত্বের মান	আধুনিক মান
বুধ	০.৩৬	০.৩৮৭
শুক্রে	০.৭২	০.৭২০
পৃথিবী	১.০০	১.০০
মঙ্গল	১.৫	১.৫২
বৃহস্পতি	৫	৫.২০
শনি	৯	৯.৫৪

কপারনিকাসের সমসাময়িক টাইকো ব্রাহে (Tycho Brahe, 1546-1601) ডেনমার্ক জ্যোতিষবিদ্যা অধ্যয়নের জন্য একটি গবেষণাগার প্রতিষ্ঠা করেন। তিনি ধুমকেতু (comet) সম্বন্ধে অনেক গবেষণা করেন

কেপলার (Kepler, 1571-1630)

কেপলার একজন জার্মান জ্যোতিষবিদ ছিলেন এবং টাইকো ব্রাহে'র শিষ্যরূপে তাঁহার সহিত থাকিয়া তাঁহার গবেষণাগারে অধ্যয়ন করিবাব সুযোগ পাইবাছিলেন।

কেপলার সর্বপ্রথম আবিষ্কার করেন যে, সূর্যের চতুর্দিকে যে পথে গ্রহ আবর্তন করে সেই পথ একটি উপবৃত্ত (ellipse)। ইহা বৃত্তের (circle) পবই একটি সহজ বেখা। উপবৃত্ত অতি সহজেই অঙ্কন করা যায়। একটি সূতাব দুই ধাবে দুইটি আলপিন বাঁধিয়া কাগজের উপর দুই বিন্দুতে আটকাইয়া বাঁধিয়া একটি পেন্সিলের অগ্রভাগ দিয়া সূতাকে সর্বদা টান বাঁধিয়া উপবৃত্ত অঙ্কন করুন (নিম্নে চিত্র দেখুন)।



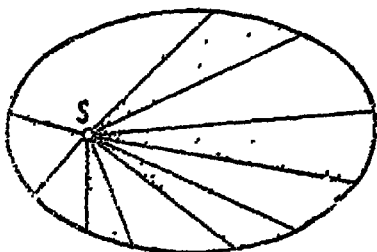
মঙ্গল গ্রহ লইয়া কেপলার গবেষণা করেন। তিনি লক্ষ্য করেন যে, মঙ্গল গ্রহ উপবৃত্তাকারে সূর্যকে আবর্তন করে এবং সূর্য ঐ উপবৃত্তের একটি উপকেন্দ্রে (focus) অবস্থিত। এই কক্ষপথের বিকেন্দ্রিকতা (eccentricity) মাত্র তুচ্ছ। কক্ষপথে বিচরণ করিবাব সময় ঐ গ্রহের গতি (speed) সব সময় একইরূপ থাকে না। যখন ইহা সূর্যের নিকটবর্তী হয় তখন ইহার গতি সর্বাপেক্ষা অধিক এবং সূর্য হইতে দূরত্ব যতই বাড়িতে থাকে ততই ইহার গতি কমিতে থাকে। গ্রহের বিচরণ-পথ এবং ইহার গতি সম্বন্ধে সন্ধিত জ্ঞান হইতে তিনি

ইহাদের গতি ও কক্ষপথ (planetary motion) সম্বন্ধে তিনটি নিয়ম বা সূত্র (laws of planetary motion) আবিষ্কার করেন।

কেপলারের প্রথম সূত্র : প্রত্যেকটি গ্রহ সূর্যের চারিদিকে একটি নির্দিষ্ট উপবৃত্তাকার কক্ষপথে বিচরণ করে এবং সূর্য উপবৃত্তের একটি উপকেন্দ্রে (focus) থাকে।

কেপলারের দ্বিতীয় সূত্র : প্রত্যেকটি গ্রহ স্বীয় কক্ষপথে বিচরণ করিবার সময় গ্রহ হইতে সূর্য পর্বন্ত কল্পিত রেখা সমান সমান সময়ে সমান সমান ক্ষেত্রফল বর্ণনা করে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

কেপলারের তৃতীয় সূত্র :
একটি গ্রহের কক্ষপথের বৃত্তের অক্ষরেখার অর্ধাংশের পরিমাণ যদি a এবং ঐ গ্রহের সাইডেরিয়ার সময়ের পরিমাণ যদি S হয়, তাহা হইলে S^2 , a^3 -এর সমানু-



পাতী হইবে, অর্থাৎ প্রত্যেকটি গ্রহের জন্য $S^2 = Ka^3$, $K =$ একটি ধ্রুব সংখ্যা। K সকল গ্রহের জন্য একই মান গ্রহণ করে। যথা—মনে করুন বৃহস্পতি গ্রহের জন্য $a = ৫২০$ এবং $a^3 = ১৪০৬$ এবং ইহাব বর্গমূল ১২ বৎসর এবং বৃহস্পতি গ্রহের সাইডেরিয়ার বৎসর ১১৮৬ বৎসর।

গ্যালিলীও (Galileo Galilei, 1564-1642)

কেপলারের সমসাময়িক গ্যালিলীও ইটালীতে সর্বপ্রথম মেকানিক্সের উপর গবেষণা শুরু করেন। তিনি সর্বপ্রথম পবীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন যে, একটি ভাষী এবং একটি লঘু পদার্থকে একসঙ্গে একটি উচ্চতান হইতে ছাড়িয়া দিলে একই সময়ে উহা মাটিতে পড়িবে। তিনি মেকানিক্সের Law of Inertia আবিষ্কার করেন এবং বিজ্ঞানে পবীক্ষামূলক গবেষণার ভিত্তি স্থাপন করেন। তিনিই সর্বপ্রথম টেলিস্কোপ আবিষ্কার করেন এবং ইহা সাহায্যে সর্বপ্রথম লক্ষ্য করেন যে, নেবুলা প্রকৃতপক্ষে নক্ষত্রের সমষ্টি, বৃহস্পতি গ্রহের চারিটি উপগ্রহ আছে এবং গ্রহের ক্ষয়বৃদ্ধি আছে (Phases)।

দ্বিতীয় অধ্যায় মহাকাশ ও ইহার আবর্তন (Celestial Sphere and Its Rotation)

জ্যোতিষিষ্ঠা আলোচনাব প্রথমে আমবা পৃথিবীকে একটি গোলক (sphere), এবং ইহা মহাবিশ্বের কেন্দ্রস্থলে আছে বলিয়া মনে কবিয়া লই। মহাবিশ্বের জ্যোতিকগুলি একটি বিশাল গোলকের উপর অবস্থিত। এই বিশাল গোলকটিকে আমবা মহাকাশ (celestial sphere) বলিয়া কল্পনা কবি। প্রকৃতপক্ষে জ্যোতিকগুলি পৃথিবী হইতে বিভিন্ন দূৰ্বে অবস্থিত। তাহাবা এত দূৰে অবস্থিত যে, আমবা তাহাদিগের সকলকেই একটি কল্পিত গোলকের (মহাকাশ) উপর কল্পনা কবিয়া থাকি। এই কল্পিত গোলকের উপর যে-কোন জ্যোতিকের অবস্থান স্থিৰ কৰিতে হইলে কতকগুলি মহাস্তম্ভের প্রয়োজন।

২১ মহাকাশ (Celestial Sphere)

মহাকাশকে আমবা একটি গোলক বলিয়া কল্পনা কবি। এই গোলকের ব্যাস অসীম (infinity) এবং আমবা যে-কোন স্থান হইতে আকাশকে দেখি না কেন, ঐ স্থানই গোলকের কেন্দ্র। এই গোলকের উপর প্রত্যেকটি জ্যোতিকের একটি অবস্থান আছে। এই অবস্থান প্রকৃত না হইলেও ইহা হইতে একটি জ্যোতিক অন্ত্যন্ত জ্যোতিকের তুলনায় কোন্ দিকে অবস্থান কৰিতেছে তাহা আমবা জানিতে পাবি। দুইটি জ্যোতিকের মধ্যোক্তাব দূৰ্বে উভয়ের কোণিক-দূৰ্বে দ্বাৰা স্থিৰ কৰা যায়।

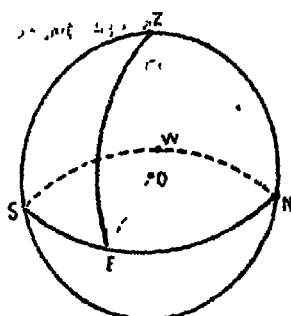
২২. দিগন্তরেখা এবং মেরিডিয়ান রেখা (Horizon and Celestial meridian)

আমাদের সোজা মাথার উপর মহাকাশে যে বিন্দু কল্পনা কৰা যান উহাকে জেনিথ (Zenith) বলে। ইহার বিপরীত দিকের মহাকাশের বিন্দুকে নাদির (Nadir) বলে।

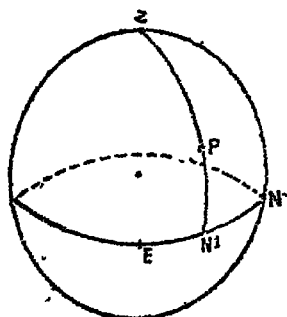
এখন মহাকাশের উপবিভাগে জেনিথ এবং নাদির বিন্দুদ্বয়ের দ্বারা মাঝি যে মহাস্তম্ভ (great circle) বহন কৰা যায় উহাকে মহাকাশের

দিগন্তবেধা (horizon) বলে। ইহা মহাকাশের উপর একটি কল্পিত রেখা। মহাকাশ গোলকটিকে ইহার কেন্দ্র-মধ্য দিয়া কল্পিত জেনিথ ও নাদিবেধ যুক্ত বেধার লম্বতলটি যে বৃত্তে ছেদ করিবে উহাই দিগন্তবেধা।

লম্ববৃত্ত (Vertical circles) : মহাকাশের কেন্দ্র, জেনিথ এবং নাদিবেধ মধ্য দিয়া যে বৃত্তগুলি কল্পনা করা যায় তাহাদিগকে লম্ববৃত্ত বলে। ইহা বা দিগন্তবেধার উপর লম্বভাবে অবস্থান করে। যে লম্ববৃত্তটিকে ঐক্য নক্ষত্রের (Pole star) মধ্য দিয়া কল্পনা করা যায় উহাকে মেবিডিয়ান-বেধা (celestial méridian) বলে। যে লম্ববৃত্তটি মেবিডিয়ান রেখার সহিত 90° কোণ উৎপন্ন করে, অর্থাৎ মহাকাশের পূর্ব এবং পশ্চিম বিন্দু-মধ্য দিয়া কল্পনা করা যায় উহাকে প্রাথমিক লম্ববেধা (prime vertical) বলে। নিম্নে ১নং চিত্রে Z বিন্দু জেনিথ, SN লম্ববেধা, EZ প্রাথমিক লম্ববেধা, SEN দিগন্তবেধা।



১ নং চিত্র



২ নং চিত্র

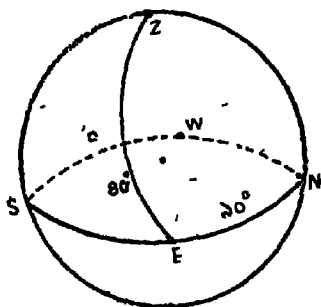
২৩. মেরিডিয়ান এবং দিগন্তবেধার সাহায্যে মহাকাশের উপর অবস্থিত যে-কোন বিন্দুর স্থানাঙ্ক (co-ordinates) নির্ণয়

২নং চিত্রে মনে করুন P মহাকাশের উপর একটি জ্যোতিষ, Z জেনিথ, E পূর্ব বিন্দু, N উত্তর বিন্দু (লম্ববেধা ও দিগন্তবেধার ছেদবিন্দুসমূহকে উত্তর ও দক্ষিণ বিন্দু বলে) এবং ZP, P-বিন্দু-মধ্য দিয়া অঙ্কিত লম্ববৃত্তাংশ। দিগন্তবেধার উপর N হইতে পূর্বদিকে NN' দূরত্বকে (কৌণিক) অ্যামিথ (azimuth) এবং N'P-কৌণিক দূরত্বকে

উচ্চতা (altitude) বলে। অ্যামিমাথ এবং উচ্চতা জানা থাকিলে মহাকাশের উপর P-এব আপেক্ষিক অবস্থান নির্ণয় করা যায়। NN'-এবং N'P-কে, P-এব স্থানাঙ্ক (co-ordinates) বলে।

উদাহরণ ১। একটি নক্ষত্রের অ্যামিমাথ ৯০° এবং উচ্চতা ৪৫° হইলে উহাব অবস্থান নির্ণয় করুন।

উদাহরণ ২। একটি নক্ষত্রের অ্যামিমাথ ১৮০° এবং উচ্চতা ৬০° । নক্ষত্রটির অবস্থান নির্ণয় করুন। নক্ষত্রটি বিন্দু হইতে ৬০° উচ্চতায় অবস্থিত।



আকাশে নক্ষত্রের অবস্থান এই স্থানাঙ্কগুলি দ্বারা সহজে নির্ণয় করা যায়। এইজন্ত জবির-কার্বে এবং সমুদ্রযাত্রায় এইগুলির ব্যবহার হইয়া থাকে। কিন্তু একটি জ্যোতিষের অ্যামিমাথ এবং উচ্চতা অবিকল পবিবর্তনশীল। ইহাব কারণ, মহাকাশের আপেক্ষিক (apparent) আবর্তন। ইহা ছাড়া একই জ্যোতিষের স্থানাঙ্ক বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন রূপ। এই অন্তরীক্ষার জন্ত অল্পকাল স্থানাঙ্কের প্রয়োজন হয়।

২৪. আঙ্গিক গতি

আকাশে সূর্যোদয় এবং সূর্যাস্ত দৃষ্টে মনে হয় যেন মহাকাশ পৃথিবীর চাষিদিগকে অবিকল পূর্ব হইতে পশ্চিম দিকে ঘূর্ণিত হইতেছে। এই আপাত আঙ্গিক গতি (diurnal motion) প্রকৃৎপক্ষে পৃথিবীর আপন মেরুদণ্ডের উপর পশ্চিম হইতে পূর্ব দিকে আবর্তনের ফলে হইয়া থাকে।

প্রত্যেকটি নক্ষত্র দৈনিক আকাশের চাষিদিগকে আবর্তন করে। ইহাদের আবর্তন-পথগুলি পবম্পব সমান্তরাল স্বতাকার এবং উহা প্রত্যেকে একই সময়ে আবর্তন করে। কিন্তু সূর্য, চন্দ্র এবং গ্রহগণ আপাতদৃষ্টিতে তাহাদের স্থান পবিবর্তন করে বলিয়া উহাদের আবর্তন-কাল (period) সমান নহে এবং উহাদের পথ ও সমান্তরাল নহে। একটি নক্ষত্রের আবর্তনকাল উহাব আবর্তন-পথের উপর নির্ভর করে।

যে সমস্ত নক্ষত্র ঠিক পূর্ব বিন্দুতে উদয় হয় সেই সমস্ত নক্ষত্রের গতি সর্বাধিক এবং যে সমস্ত নক্ষত্র পূর্ব বিন্দু হইতে যতটা উত্তর বা দক্ষিণ দিকে উদয় হয় সেই পরিমাণে তাহাদের গতি কম হইয়া আসে। এইরূপ ঋণাত্মক নিকটবর্তী নক্ষত্রগুলির গতি অত্যন্ত কম। ঋণাত্মক একটি স্থির নক্ষত্র।

২.৫. মহাকাশের স্থিরবিন্দুদ্বয় (Celestial poles)

মহাকাশে দুইটি বিন্দু আছে যাহাদের কোন গতি নাই অর্থাৎ উহারা স্থির বিন্দু। এই বিন্দুদ্বয়ের দিকে পৃথিবীর অক্ষরেখা (axis) মুখ করিয়া আছে। উত্তর গোলার্ধের ঋণ নক্ষত্রটি এই কল্পিত বিন্দু ১° ডিগ্রীর নিকটে অবস্থিত।

২.৬. মহাবিশুব (Celestial equator) : কালবৃত্ত (hour circles)

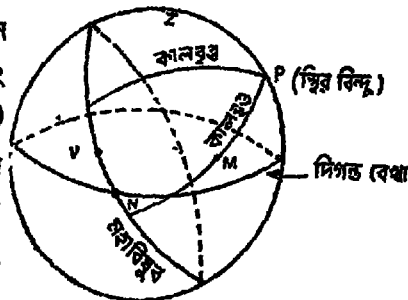
মহাকাশে গোলকের উপরস্থ স্থির বিন্দু (poles)-দ্বয়ের মাকামানি মহাবৃত্তকে (great circle) মহাবিশুব বলে। পৃথিবীর বিষুবরেখা যে তলের উপর অবস্থিত ঐ তলটি বর্ণিত করিয়া মহাকাশের তলকে যে বৃত্তে ছেদ করিতে কল্পনা করা যায় উহাই মহাবিশুব বৃত্ত। বাবতীয় আবর্তন-পথে, মধ্যে ইহাই বৃহত্তম আবর্তন-পথ (diurnal circles)। সূর্য এই বৃত্তের উপর ২১শে মার্চ অথবা ২৩শে সেপ্টেম্বর বিবাজ্য করে। কোন নির্দিষ্ট স্থানে মহাবিশুব বৃত্তের অবস্থান সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে।

কালবৃত্তগুলি (hour circles) স্থির বিন্দুদ্বয়ের মধ্য দিয়া মহাবিশুবের উপর লম্বভাবে অবস্থান করে (৩নং চিত্র দেখুন)।

২.৭. রাইট অ্যাসেনশন (Right ascension), এবং বিষুব লম্ব (declination)

সূর্য ২১শে মার্চ যে বিন্দু উপর অবস্থান করে সেই বিন্দুকে ভারনাল একুইনক্স (Vernal Equinox) বলে।

সূর্যের গতিপথে (ecliptic)



৩ নং চিত্র

এবং মহাবিশুব বেখা যে দুই বিন্দুতে ছেদ কৰে উহাদেব একটিকে ভাবনাল একুইনক্স্ বুলে। মনে কৰন তনং চিত্ৰে V বিন্দুটি ভাবনাল একুইনক্স্ M যদি একটি নক্ষত্ৰেৰ অবস্থান হয় এবং PMN কালবৃত্তেৰ অংশ হয় তাহা হইলে V বিন্দু হইতে পূৰ্ব দিকে মহাবিশুব উপৰ VN কৌণিক দূৰত্বকে ৰাইট্ অ্যাসেনশন্ এবং NM কৌণিক দূৰত্বকে M নক্ষত্ৰেৰ বিষুবলম্ব (declination) বুলে। বিষুবলম্ব উত্তৰ বা দক্ষিণ দিকে মাপা হয়। এখানে NM হইল নক্ষত্ৰেৰ উত্তৰ বিষুবলম্ব। ৰাইট্ অ্যাসেনশনেৰ পৰিমাণ 0° হইতে 360° পৰ্যন্ত হয়। কখনও কখনও ৰাইট্ অ্যাসেনশন ডিগ্ৰীৰ পৰিবৰ্তে সময় দ্বাৰা প্ৰকাশ কৰা হয়। ২৪ ঘণ্টাৰ 360° ধৰিয়া ডিগ্ৰীকে সময়ে পৰিণত কৰিতে হয়। যেমন, মনে কৰন সিৰিয়াস নক্ষত্ৰেৰ ৰাইট্ অ্যাসেনশন ৬ ঘ ৪৩ মি এবং বিষুবলম্ব দক্ষিণে $16^\circ 09'$; ইহাৰ অৰ্থ এই যে, ইহা ভাবনাল একুইনক্স্ হইতে পূৰ্বদিকে $100^\circ 86'$ এবং মহাবিশুব হইতে দক্ষিণ দিকে $16^\circ 09'$ দূৰে অবস্থিত। এখানে

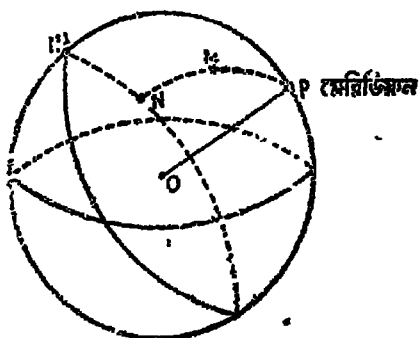
$$\begin{array}{ll} 1 \text{ ঘণ্টা} = 15^\circ & 15^\circ = 1 \text{ ঘণ্টা} \\ 1 \text{ মিনিট} = 15' & 1^\circ = 60 \text{ মিনিট} \\ 1 \text{ সেকেণ্ড} = 15'' & 1' = 60 \text{ সেকেণ্ড} \end{array}$$

২৮ কৌণিক কাল (Hour angle)

একটি নক্ষত্ৰেৰ অবস্থান অনেক সময় কৌণিককাল এবং নতি দ্বাৰা প্ৰকাশ কৰা যায়। এখানে কোন স্থানেৰ মেৰিডিয়ান-বেখাকে মূল বেখা ধৰিয়া লইতে হয়। একটি নক্ষত্ৰ যখন মেৰিডিয়ান-বেখাৰ উপৰেৰ অংশ অতিক্ৰম কৰে, তখন আমবা বলি যে, নক্ষত্ৰটি উচ্চমধ্যাহ্নে আসিষাছে। সেইৰূপ যখন ইহা নীচেৰ অংশ অতিক্ৰম কৰে তখন আমবা বলি যে, নক্ষত্ৰটি নিম্নমধ্যাহ্নে আসিষাছে।

মেৰিডিয়ান হইতে মহাবিশুব উপৰ কোন নক্ষত্ৰেৰ কালবৃত্ত পশ্চিম দিকে যতদূৰ অবস্থিত, তাহাৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰে ঐ নক্ষত্ৰেৰ স্থানীয় কৌণিক কাল (hour angle)। ইহা 0° হইতে 360° পৰ্যন্ত বৃদ্ধি

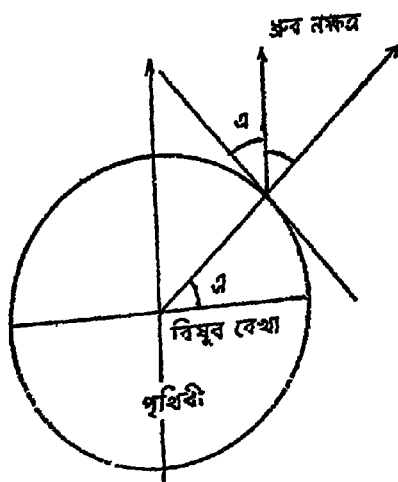
পায (৪নং চিত্র দেখুন)। M একটি নক্ষত্র, PMN ইহাৰ কালবৃত্ত। NN' ইহাৰ কোণিক কাল (hour angle)। কোণিক কাল সাবাদিনে 0° হইতে 060° পর্যন্ত পৰিবৰ্তিত হয়।



৪ নং চিত্র

২.৯. কোন স্থানের অক্ষাংশ (latitude) ঐ স্থানের গ্রন্থনক্ষত্রের উন্নতি (altitude)-এব সমান

ভূ-পৃষ্ঠে কোন স্থানের অক্ষাংশ ঐ স্থানের লম্ব বেষা (vertical line) এবং বিষুবরেখার তলেব মধ্যেকার কোণেব পৰিমাণ নির্ণয় কৰে। সুতৰাং ইহা জেনিথেব দিকে অঙ্কিত বেষা এবং মহাবিষুবেব মধ্যেকার কোণেব সমান (৫নং চিত্র দেখুন)।



৫ নং চিত্র

২.১০. মেরুবিন্দুতে নক্ষত্রের আবর্তন-পথগুলি দিগন্তরেখাৰ সমান্তরাল

আমরা যদি সূর্যকে বিন্দু হইতে আকাশের দিকে লক্ষ্য কবি তাহা

হইলে গ্রহ নক্ষত্রটি জেনিথের দিকে দেখা যাইবে এবং মহাবিশুব বেষ্টাটি দিগন্তবেষ্টা সহিত মিলিয়া যাইবে।

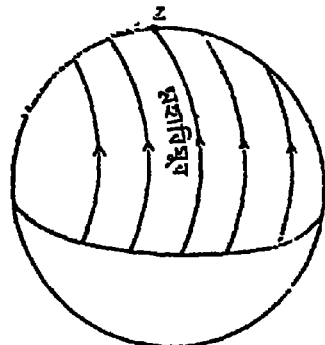
যেহেতু নক্ষত্রের আবর্তন-পথ মহাবিশুবের সমান্তরাল, মহাবিশুব হইতে উত্তর দিকের নক্ষত্রগুলি কখনই অস্ত যায় না এবং মহাবিশুব হইতে দক্ষিণ দিকের নক্ষত্রগুলি কখনই উদয় হয় না (৬ নং চিত্র দেখুন)।



৬ নং চিত্র

২.১১. সুগুপ্তে বিষুব রেখার অবস্থিত স্থানসমূহে যে-কোন নক্ষত্রের আবর্তন-পথ দিগন্তবেষ্টার উপর লম্ব

ভূ-পৃষ্ঠে বিষুবরেখার উপর যে-কোন স্থানের অক্ষাংশ 0° । সূর্য্যবংশনক্ষত্রটি দিগন্তবেষ্টার সহিত মিলিয়া যায় এবং মহাবিশুব বেষ্টা দিগন্তের উপর লম্ব হয়। নক্ষত্রের আবর্তন-পথ মহাবিশুবের সমান্তরাল বলিয়া দিগন্তের উপর লম্ব হয় এবং প্রত্যেকটি নক্ষত্র দিগন্তের উপর ১২ ঘণ্টা এবং নীচে ১২ ঘণ্টা বিবর্ত করে। এখানে দিনরাত্রি সর্বদা সমান (৭নং চিত্র দেখুন)।



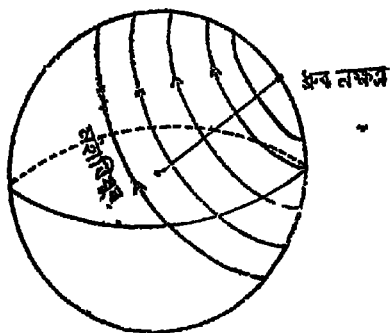
৭ নং চিত্র

২.১২. অক্ষত্র নক্ষত্রের আবর্তন-পথ

মেরুস্থ এবং বিষুবরেখার মধ্যবর্তী যে-কোন স্থানের অক্ষাংশ 0° এবং 90° এর মধ্যবর্তী একটি মান এবং ঐরূপ স্থানে গ্রহত্রায়া-যে-কিছু এবং দিগন্তের নাকানাকি স্থানে বিদ্যমান বসে। অতএব ঐ স্থানে

মহাবিশুব বেখাব তল দিগন্তেব সহিত নিদিষ্ট কোণে অবস্থান কবে। মনে কবন একট স্বানেব অক্ষাংশ 1° ; অতএব জ্বননকত্র 1° উন্নতিতে

এবং মহাবিশুব দিগন্তেব সহিত $90^\circ - 1^\circ$ কোণ উৎপন্ন কবে এবং প্রত্যেকট নক্ষত্রেব আবর্তন-পথ $90^\circ - 1^\circ$ কোণে থাকে (৮ নং চিত্র দেখুন)।



৮ নং চিত্র

এইসব স্থানে শুধু মহাবিশুবেব অর্ধাংশ দিগন্তবেখাব উপবে এবং অপব অর্ধাংশ দিগন্তবেখার নীচে অবস্থান

কবে। কিন্তু নক্ষত্রেব আবর্তন-পথগুলিব অর্ধাংশাপেক্ষা কম বা বেশী দিগন্তেব উপবে থাকে। মহাবিশুব হইতে উত্তর দিকেব পথগুলিব অর্ধেকাংশেব বেশী দিগন্তেব উপরে থাকে। এমন কি AB পথটি সম্পূর্ণই দিগন্তেব উপবে থাকে। AB এবং তদ্বৎ বাবতীষ পথেব নক্ষত্রগুলি কখনই অস্ত যায় না।

এইরূপে যে স্থানেব অক্ষাংশ 1° , সেই স্থানে জ্বননকত্র হইতে 1° স্থান পর্যন্ত বিস্তৃত অংশেব নক্ষত্র কখনই অস্ত যায় না। সেইরূপ দক্ষিণ দিকেব স্থিৰ বিন্দু (south pole star) হইতে 1° পর্যন্ত বিস্তৃত নক্ষত্রগুলি কখনই উদয় হয় না। ইহাদেব সাক্ষ্যমাণি স্থানসমূহেব নক্ষত্রগুলিব উদযাস্ত পবিলক্ষিত হয়। আমরা যতই দক্ষিণ দিকে চলিতে থাকিব ততই অন্তহীন নক্ষত্রগুলিব (circumpolar stars) সংখ্যা ক্রমিতে থাকিবে এবং পবিশেষে বিশ্ব অঞ্চলে উহাবা মিলিবা যাইবে। সেইরূপ আমবা উত্তর দিকে চলিতে থাকিলে অন্তহীন তাবকার রাজ্য বন্ধি পাইতে থাকিবে। অবশেষে যখন আমবা উত্তর মেঘতে পৌছিব তখন দেখিব যে, কোন নক্ষত্রই অস্ত যায় না। দক্ষিণ গোলাৰ্ধে একইরূপ অবস্থা পবিলক্ষিত হইবে।

২.১৩. অন্তৰ্হীন নক্ষত্ৰ (Circumpolar Stars)

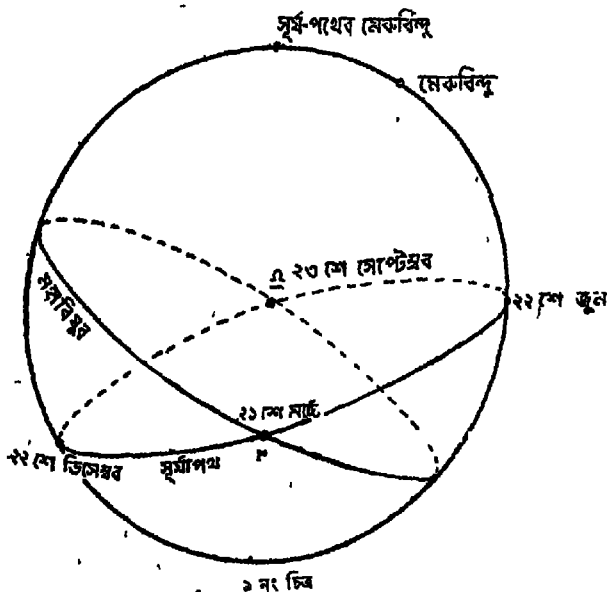
যদি কোন নক্ষত্ৰ কোন স্থানের দিগন্তবেশ্য অপেক্ষা জ্বৰ নক্ষত্ৰেৰ (celestial pole) নিকটে থাকে তাহা হইলে ঐ নক্ষত্ৰেৰ আবৰ্তন-পথ দিগন্তবেশ্যকে ছেদ কৰে না। সূতৰাং ঐ স্থানেৰ কোন দৰ্শক ঐৰূপ নক্ষত্ৰকে অন্তৰ্হীন বাইতে দেখিবেন না। উদাহৰণস্বৰূপ মনে কৰুন, কোন নক্ষত্ৰেৰ নতি (declination) $+ ৫৮^\circ$ । অতএব জ্বৰ নক্ষত্ৰ হইতে ইহাৰ দূৰত্ব $৯০^\circ - ৫৮^\circ = ৩২^\circ$ । সূতৰাং যে স্থানেৰ অক্ষাংশ ৪০° সেই স্থানে নক্ষত্ৰটি কখনই অন্তৰ্হীন বাৰ না। সূৰ্য ২২শে জুন তাৰিখে $+ ২৩\frac{১}{২}^\circ$ নতিতে অবস্থান কৰে। অতএব ঐ দিন জ্বৰনক্ষত্ৰ হইতে সূৰ্যেৰ দূৰত্ব $৬৬\frac{১}{২}^\circ$ । যে স্থানেৰ অক্ষাংশ $৬৬\frac{১}{২}^\circ$ বা তদপেক্ষা অধিক সেই সকল স্থানে সূৰ্য অন্তৰ্হীন বাৰ না। মধ্যৰাত্ৰিৰ সূৰ্য (midnight sun) একটি বিশেষ দৃষ্টান্ত। জ্বৰনক্ষত্ৰ হইতে $২৩\frac{১}{২}^\circ$ দূৰত্বে অঙ্কিত বৃত্তকে আৰ্কটিক বৃত্ত (arctic circle) বলে। মেরুবিন্দু হইতে আৰ্কটিক বৃত্ত পৰ্যন্ত ২২শে জুনে মধ্যৰাত্ৰিতে সূৰ্য দেখা যায়। নমেরুতে (north pole) ৬ মাস দিন এবং ৬ মাস বাত্ৰি বিবাজ কৰে।

২.১৪. সূৰ্যেৰ আপাত কক্ষপথ (Apparent annual path of the sun)। রাশিচক্ৰেৰ পশ্চিম গতি (Western advance of the constellations through the year)

যদি আমবা যে-কোন নিদিষ্ট একটি নক্ষত্ৰেৰ অবস্থান লক্ষ্য কৰি তাহা হইলে আমবা দেখিব যে, বাত্ৰিকালে প্ৰত্যেকদিন একই সময়ে নক্ষত্ৰটি একই স্থানে না থাকিবা দৈনিক একটু পশ্চিম দিকে সৰিয়া যায়। যেমন, মনে কৰুন অৱিষন (orion) বাশিকে ডিসেম্বৰ মাসেৰ সন্ধ্যাৰ পূৰ্বদিকে উদয় হইতে দেখা যায়, কিন্তু মে মাসেৰ দিকে বাশিটি সন্ধ্যাৰ পশ্চিম আকাশে অন্তৰ্হীন হয়।

এইৰূপে দেখা যায় যে প্ৰত্যেক মাসে একটি বাশি (constellation) সন্ধ্যাৰ উদয় হয়। আকাশে ইহাদেৰ পশ্চিম গতিৰ কাৰণ এই যে, সূৰ্য আকাশে বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন নক্ষত্ৰপুঞ্জৰ মধ্য বিচৰণ কৰে। ইহা আমাদেৰ কল্পনা। প্ৰকৃতপক্ষে পৃথিবী মহাবিশ্বেৰ নিদিষ্ট কক্ষপথে সূৰ্যেৰ

চতুর্দিকে বৎসবে একবার ঘুরিয়া আসে এবং আমরা পৃথিবীর উপর আছি বলিয়া পৃথিবীকে স্থির দেখি এবং সূর্য নক্ষত্রপুঞ্জের মধ্যে ক্রমশঃ পূর্ব-দিকে অগ্রসর হইতে থাকে এবং এক বৎসবে আপন স্থানে ফিরিয়া আসে। শুধু তাহাই নহে, সূর্য কক্ষপথে পরিভ্রমণ-কালে দোলকের মত বিবুববেখা হইতে উত্তরে এবং দক্ষিণে গতি পরিবর্তন করে। সূর্যের এই দৃশ্যমান (আপাত) কক্ষপথ মহাবিশ্বের সহিত হেলান অবস্থায় আছে। ইহাকে সূর্যের কক্ষপথ বা এক্লিপটিক্ (Ecliptic) বলে। সূর্যের কেন্দ্রে এই কক্ষপথের উপর কল্পনা করিলে, এই কক্ষপথের তল (plane of the Ecliptic) মহাকাশের গোলকের উপর অঙ্কিত মহাবিশ্বের তলের সহিত $23\frac{1}{2}^{\circ}$ কোণ উৎপন্ন করে। সূর্যের অবস্থান অনুসারে এক্লিপটিকের উপর চারিটি বিন্দু বা অবস্থানকে চারিটি নাম দেওয়া হইয়াছে। যে দুইটি বিন্দুতে এক্লিপটিক মহাবিশ্বকে ছেদ করে তাহাদিগকে 'ইকুইনক্স' (Equinox) বলে। ইকুইনক্স হইতে 90° দূরে দুই বিন্দুকে "সলিস্টিস্" বলে। ২১শে মার্চ সূর্য যে অবস্থানে

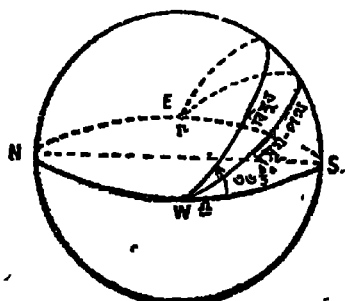


আসে সেই অবস্থান বা এরিক্পটিকের উপর সেই বিন্দুকে “ভারনাল ইকুইনক্স” (Vernal Equinox) বলে। ইহাকে অনেক সময় এবিসেব বিন্দু (γ) (First point of Aries) বলে। ২০শে সেপ্টেম্বর সূর্যের যে অবস্থান সেই অবস্থানকে “অটাম্নাল ইকুইনক্স” (Autumnal Equinox) বলে। ইহাকে “লিরা” বিন্দুও (Ω) বলে। ২২শে জুন সূর্য বিষুববেলা হইতে উত্তরে সর্বাধিক দূরত্বে অবস্থান করে। এই অবস্থানকে ‘সাম্রাণ সলিস্টিস্’ (summer solstice) বলে। এরূপ ২২শে ডিসেম্বর সূর্য বিষুববেলা হইতে সর্বাধিক দক্ষিণে অবস্থান করে। এই অবস্থানকে ‘উইণ্টার সলিস্টিস্’ (winter solstice) বলে। অবশ্য এই তাবিত্তগুলি সম্পূর্ণ নির্ভুল নহে। লীপ-ইষাবের (leap year) জন্য ইহাদের সামান্য বদবদল প্রযোজন।

এরিক্পটিক এবং মহাবিষুবের তলদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণিক ব্যবধান (obliquity) প্রতি ১২৮ বৎসরে $0^{\circ} 5'$ (মিনিট, ৬০ মিনিট = 1°) কমিয়া আসে। ইহাব অর্থ এই যে, পৃথিবীর মেকবিন্দুদ্বয় স্থান পরিবর্তন করে।

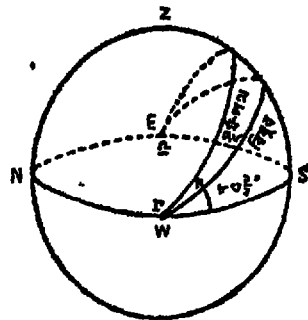
২১৫. সূর্যপথ বা এরিক্পটিক এবং দিগন্তবৃত্তের সম্বন্ধ

পৃথিবীর উপরিস্থ কোন নির্দিষ্ট স্থানে মহাবিষুবের সহিত দিগন্তবৃত্তের কোণিক ব্যবধান মোটামুটিভাবে একই থাকে। যেমন মনে করুন $30^{\circ}N$ -এব কোন স্থানের দিগন্ত-বলব, ঐ স্থানের বিষুব-তলের সহিত 60° কোণিক ব্যবধানে অবস্থিত। মহাবিষুবের সহিত $২৩\frac{1}{2}^{\circ}$ কোণিক ব্যবধানে অবস্থিত বলিবা সূর্যপথ দিগন্তবৃত্তের সহিত বৃহত্তম এবং ক্ষুদ্রতম কোণিক ব্যবধানে আসিবার সময় এবিস বিন্দু (γ) উদয় অথবা অস্ত যায় (১০ নং চিত্র দেখুন)।



১০ নং চিত্র

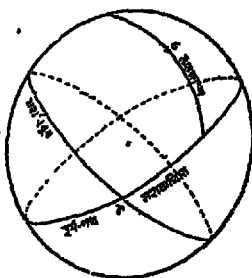
৩০°N সমান্তরাল অক্ষাংশে সূর্য-পথ এবং দিগন্তবৃত্তের কৌণিক ব্যবধান $৬০^\circ - ২০\frac{১}{২}^\circ = ৩৯\frac{১}{২}^\circ$ অথবা $৬০^\circ + ২০\frac{১}{২}^\circ = ৮০\frac{১}{২}^\circ$ । অর্থাৎ ২০শে সেপ্টেম্বরে যখন সূর্য উদয় হয় অথবা অস্ত যায়, তখন কৌণিক ব্যবধান $৩৯\frac{১}{২}^\circ$ । তেমনি ২১শে মার্চ যখন সূর্য অস্ত যায় অথবা উদয় হয় সেই সময়ে কৌণিক ব্যবধান $৮০\frac{১}{২}^\circ$ (১১ নং চিত্র দেখুন)।



১১ নং চিত্র

২.১৬. সূর্য, চন্দ্র এবং গ্রহের অবস্থান

পূর্বকালে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানীরা সূর্য, চন্দ্র এবং উজ্জল গ্রহের অবস্থান লইয়াই বিশেষভাবে আলোচনা করিতেন। তাই জ্যোতিষগুলির সকলেই সূর্যপথের নিকটে অবস্থান কবে বলিয়া জ্যোতিষ-বিজ্ঞানীরা সূর্যপথের সংলগ্ন লইয়া ইহাদের অবস্থান নির্ণয় করিতেন। মহাদ্রাঘিমা (celestial longitude) বলিতে γ বিন্দু হইতে সূর্যপথের উপর জ্যোতিষ হইতে



১২ নং চিত্র

অঙ্কিত মহাবৃত্তের পাদবিন্দু পর্যন্ত কৌণিক দূরত্বকে বুঝায়। মহাঅক্ষাংশ (celestial latitude) বলিতে জ্যোতিষ হইতে সূর্যপথের উপর অঙ্কিত লম্ব বৃত্তাংশের কৌণিক ব্যবধানকে বুঝায় (১২ নং চিত্র দেখুন)।

২.১৭ রাশিচক্র (Constellations)

নক্ষত্রপুঞ্জ দ্বারা আকাশে নানারূপ চিত্র (pattern) করনা করা হইত। কতকগুলি নক্ষত্র মিলিয়া যে একটি কর্ণিত চিত্র গঠন করিত ইহাদিগকে রাশি বা constellation বলা হইত। বর্তমানকালে বাশি

বা constellation বলিতে আকাশের এক একটি অংশের নক্ষত্রপুঞ্জের সমষ্টিকে বুঝায়। কোন একটি নক্ষত্রেব স্থান নির্ণয় কবিতে ইহাদিগকে ব্যবহার কবিতে পাওয়া যায়।

২.১৮. নক্ষত্রের নামকরণ এবং উহাদের ঔজ্জ্বল্যের প্রকারভেদ

কমপক্ষে ৫০টি নক্ষত্রের নাম বহু পুরাতনকাল হইতেই প্রচলিত হইয়া আসিতেছে। যেমন সিবিয়াস (Sirius), ক্যাপেলা (Capella) প্রভৃতি গ্রীক নাম। ভেগা (Vega), রিগেল (Rigel), আলদিবরণ (Aldebaran) আলগল (Algal), আলটেবাব (Altair), বেতেলজুছ (Betelgeuse) প্রভৃতি আরবী নাম। ঔজ্জ্বল্যের তাবত্তম অনুসারে নক্ষত্রগুলিকে সংখ্যা দ্বারা বর্ণনা করা হয়। যেমন প্রথম স্তরের নক্ষত্র দ্বিতীয় স্তরের নক্ষত্র অপেক্ষা প্রায় ২½ গুণ বেশী উজ্জ্বল। সিবিয়াস—১৪, ক্যানোপাস—০৭, ভেগা—০, অর্থাৎ ভেগা অপেক্ষা ক্যানোপাস উজ্জ্বলতর এবং সিবিয়াস উচ্চ-ক্যানোপাস অপেক্ষা উজ্জ্বলতর।

২.১৯. উদাহরণ ১। একটি জ্যোতিষ্কের বিষুব লম্ব বা নতি (declination) δ -এর সহিত উহাব জেনিথ-দূরত্ব z , এবং স্থানীয় অক্ষাংশ ϕ -এর সম্বন্ধ নির্ণয় করুন।

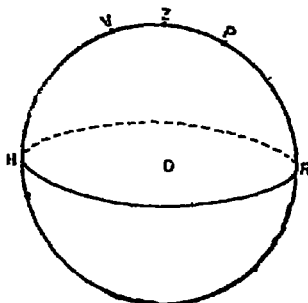
(ক) মনে করুন (১০ নং চিত্র দেখুন) মেবিডিয়ান লাইন অতিক্রম করিবার সময়ে জেনিথ-বিন্দুর দক্ষিণ দিকে P বিন্দুটি জ্যোতিষ্কের অবস্থান নির্দেশ করিতেছে। চিত্র হইতে আমরা পাই, $PZ = z$ । কিন্তু Z হইতে বিষুব রেখার দূরত্ব ϕ এবং জ্যোতিক হইতে বিষুব রেখার দূরত্ব δ । অতএব,

$$\phi = z + \delta.$$

$$\text{অথবা, } z = \phi - \delta$$

$$\text{অথবা, } \delta = \phi - z$$

(খ) অপবপক্ষে যদি V বিন্দু জ্যোতিষ্কের অবস্থান হয় (জেনিথের উত্তর দিকে মেবিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময়ে) তাহা হইলে V হইতে বিষুব রেখার দূরত্ব δ এবং সমান এবং Z হইতে জ্যোতিষ্কের



১০ নং চিত্র

তৃতীয় অধ্যায় পৃথিবী (THE EARTH)

আকাশেব অন্ত্যস্ত জ্যোতিককে জানিবার পূর্বে আমাদের পৃথিবী সম্বন্ধে সর্বপ্রথম জানা দবকাব, কারণ পৃথিবী সম্বন্ধে সর্বাপেক্ষা বেশী অনুসন্ধান কবা সম্ভব হইয়াছে।

৩১. আকার, পরিমাণ (Mass) এবং ঘনত্ব (Density)

আকার : আমবা ছোটবেলা হইতেই জানিবা আসিবাছি যে, পৃথিবী একটি গোলকের স্তায়, কিন্তু পূর্ণ গোলক নহে। একটি উপবৃত্ত (Ellipse)-কে উহাব ছোট অক্ষের চাষিদিকে আবর্তন কবিলে যে আকাব ধারণ কবে তাহাকে অবলেট স্ফেরোইড (Oblate spheroid) বলে। পৃথিবীর আকাব কতকটা এইকপ। কমলালেবুব মত উত্তর মেরু এবং দক্ষিণ মেরুব দিকে কিছুটা চাপা (flat) এবং বিষুব রেখা বরাবর ফাঁগিবা উঠিয়াছে। পৃথিবী যদি পূর্ণ গোলক হইত, তাহা হইলে একই দ্রাঘিমা রেখাব উপর ১° ডিগ্রী অক্ষাংশ অতিক্রম কবিলে একই দূরত্ব পাওয়া যাইত। যদি একই দ্রাঘিমা রেখাব উপর আমবা চলিতে থাকি তাহা হইলে উত্তর দিকে যাইতে প্রতি ১° অক্ষাংশ অতিক্রম কবিলে প্রবলকত্র ১° উপবে উঠিবে। নক্সত্রের এই উন্নতি মাপিবা আমবা পাই :

বিষুব রেখা হইতে ১° অক্ষাংশ	= ৬৮ ৭ মাইল
২০° অক্ষাংশ ১° ব্যবধান	= ৬৮ ৮ মাইল
৪০° অক্ষাংশ ১° ব্যবধান	= ৬৯ ০ মাইল
৬০° " ১° " "	= ৬৯ ২ মাইল
৯০° " " " "	= ৬৯ ৪ মাইল।

সাধারণ মাইল = ৫২৮০ ফুট = ১৭৬০ গজ

নটিক্যাল মাইল = ৬০৮০ ফুট।

বাম দিকেব প্লেটের উপর আকর্ষণের পৰিমাণ,

$$G \cdot \frac{M_E M_A}{R^2} + G \frac{M_E M_B}{d^2}$$

ডান দিকেব প্লেটের উপর আকর্ষণের পৰিমাণ

$$G \frac{M_E M_A}{R^2} + G \frac{M_E M_C}{R^2}$$

$$\therefore \frac{M_E M_A}{R^2} + \frac{M_A M_B}{d^2} = \frac{M_E M_A}{R^2} + \frac{M_E M_C}{R^2}$$

$$\text{অথবা, } M_E = \frac{R^2}{d^2} \frac{M_A M_B}{M_C}$$

এই সূত্র দুইতে আমরা M_E -এর পৰিমাণ নির্ণয় কৰিতে পাৰি।
আধুনিক কালে অনেক সূক্ষ্ম এবং উন্নত ধৰনের যন্ত্ৰপাতিব সাহায্যে
পশ্চিম জগতের বৈজ্ঞানিকেবা পৃথিবীর পৰিমাণ নিৰুত্তভাবে নির্ণয়
কৰিতে সক্ষম হইয়াছেন। এইরূপ সূক্ষ্ম পদ্ধতিব সাহায্যে জানা
যায় যে, পৃথিবীর পৰিমাণ ৫৯৮×১০^{২৭} গ্রাম বা ৬.৬×১০^{২১} টন।

ঘনত্ব (density) : একটি গোলকের আয়তন (volume) = $\frac{4}{3}\pi R^3$,
 R =ব্যাসার্ধ। পৃথিবীকে গোলক মনে কৰিবা ইহাৰ আয়তন $১০৮ \times$
 $১০^{২৭}$ ঘন সেন্টিমিটার পাওবা যায়। অতএব,

$$\begin{aligned} \text{ঘনত্ব (density)} &= \frac{৫৯৮ \times ১০^{২৭}}{১০৮ \times ১০^{২৭}} \text{গ্রাম/ঘন সে. মি.} \\ &= ৫.৫ \text{ গ্রাম/ঘন সে. মি} \end{aligned}$$

৩২. পৃথিবীর অভ্যন্তর

(১) অভ্যন্তরের প্রকৃতি : পৃথিবীর ঘনত্বের জ্ঞান হইতে আমরা
ইহাৰ অভ্যন্তরের প্রকৃতি কিছু বুঝিতে পাৰি। পৃথিবীর বহিৰাবৰণের
ঘনত্ব ২.৭ গ্রাম, কিন্তু ইহাৰ গড় ঘনত্ব ৫.৫ গ্রাম। ইহা হইতে বুঝা
যায় যে, পৃথিবীর অভ্যন্তরের ঘনত্ব অনেক গুণ বেশী। আমরা যতই
নীচের দিকে যাইব ততই পৃথিবীর উপরের স্তবসমূহের চাপ বেশী
লক্ষ্য কৰিব। এইরূপে পৃথিবীর কেন্দ্রে মোট চাপের পৰিমাণ প্রায়

৫০×১০^৬ পাউণ্ড/বর্গ ইঞ্চি। এই চাপেব ফলে পৃথিবীর অভ্যন্তরেব পদার্থ গবম এবং শক্ত হইয়া গিয়াছে। অতএব কেন্দ্রেব নিকট পদার্থ অতিশয় গবম এবং শক্ত।

(২) ভূ-কম্পন : পৃথিবীর অভ্যন্তরেব অতিবিজ্ঞ চাপ সময সময বহিঃপ্রকাশেব স্বযোগ পায়। কোন্ কোন্ সমযে কোন ছিদ্রপথে যখন এই বহিঃপ্রকাশ ঘটে তখন ভূকম্পনেব চেউ পৃথিবীর উপবিভাগ এবং অভ্যন্তর দিয়া প্রবাহিত হয়। এই দেউগুলিব গতি, দৈর্ঘ্য প্রভৃতির জ্ঞান হইতে আমবা পৃথিবীর অভ্যন্তরেব কিছু পরিচয় পাই। অনুমান কবা হয় যে, পৃথিবীর অভ্যন্তরে প্রতি ১০০ ফুট দূবে তাপ ১° বৃদ্ধি পায়।

(৩) পৃথিবীর বয়স : পৃথিবীর অভ্যন্তর হইতে প্রাপ্ত কতকগুলি সজীব (radio active) ধাতব পদার্থেব বিকিরণ (radiation) লক্ষ্য করিয়া বৈজ্ঞানিকেবা পৃথিবীর বয়স সহজে আনুমানিক জ্ঞান পাইয়াছেন। আমবা জানি যে, থোরিয়াম এবং ইউবেনিয়াম ধাতব পদার্থগুলি নিযত নিজস্ব শক্তি (energy) বিকিরণ করিয়া থাকে এবং অবশেষে সীসা (lead) নামক ধাতব পদার্থে রূপান্তরিত হয়। কি ভাবে এবং কি গতিতে এই বিকিরণ ঘটয়া থাকে তাহা বৈজ্ঞানিকেবা আবিষ্কার করিয়াছেন। খনিতে প্রাপ্ত পদার্থেব মধ্যে সীসা এবং ইউবেনিয়াম বা থোরিয়াম ধাতুৰ আনুপাতিক পৰিমাণ নির্ণয় করিয়া বৈজ্ঞানিকেবা বিকিরণেব সময স্থির করিয়াছেন এবং তাঁহাৰা অনুমান কবেন যে, এই বিকিরণেব সময এবং পৃথিবীর বয়স একই। বৈজ্ঞানিকদের মধ্যে এই সময নির্ণয়েব ব্যাপাবে মতভেদ থাকা সত্ত্বেও মোটামুটিভাবে বলা যায় যে, আনুমানিক ২ হইতে ৫ শত কোটি (২-৫ বিলিয়ন) বৎসর পূর্বে পৃথিবীর জন্ম হইয়াছিল।

৩.৩. বায়ুমণ্ডল

আমবা এক বিশাল বায়ুসমুদ্রেব তলদেশে বাস করিতেছি। পৃথিবীর চাৰিদিকে যে বায়ুমণ্ডল পৃথিবীকে বেটন করিয়া আছে তাহা পৃথিবীর উপরিস্থ সমুদ্রে উপর প্রতি বর্গইঞ্চিতে ১৫ পাউণ্ড চাপ

উৎপন্ন হবে। পৃথিবীর উপরিভাগের ক্ষেত্রফলের উপর এই বায়ু-মণ্ডলের মোট চাপের পরিমাণ 6×10^{18} টন অর্থাৎ পৃথিবীর ওজনের প্রায় ১০ লক্ষাংশ।

পৃথিবীর উপবিভাগে কত উষ্ণ এই বায়ুমণ্ডলের বিস্তৃতি তাহা সহজে বলা যায় না। যতই আমরা উপরে উঠিতে থাকিব বায়ু ততই হাল্কা হইয়া আসিবে। পর্বত ক্রিয়া দেখা গিয়াছে যে, প্রায় ৬০০ মাইল দূর পর্বত বায়ুর অস্তিত্ব বর্তমান। সূর্য হইতে নানাক্রম বস্তু আসিয়া এই বায়ুস্তরে আঘাত করে এবং তাহার ফলে আমরা নানাক্রম বিকিরণের অস্তিত্ব অনুভব করি। এইগুলিকে ‘অবোবা’ (auroras) বলে।

বাসাযনিক বিশ্লেষণের সাহায্যে বায়ুমণ্ডলের উপাদান নির্ণয় করা যায়। পৃথিবীর সন্ধিকটের বায়ুতে শতকরা ৭৮ ভাগ নাইট্রোজেন, ২১ ভাগ অক্সিজেন, ১ ভাগে আবগন, কার্বন-ডাই-অক্সাইড, জলকণা এবং অশ্রুত গ্যাস বিস্তৃত। নাইট্রোজেন এবং আবগন গ্যাস দুইটি সাধারণতঃ বাসাযনিক প্রক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না কিন্তু অক্সিজেন ব্যতিবেকে জীবনধারণ সম্ভব নহে। প্রত্যেক প্রাণী অক্সিজেনের সাহায্যে খাদ্য হইতে শক্তি (energy) সংগ্রহ করে। ইহা ছাড়া সকল দহনকার্যে অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। আবাব যাবতীয় গাছ পাতা বায়ুমণ্ডল হইতে কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করে (ক্লোরোফিল নামক সবুজ পদার্থ তৈয়ারি করিবার জন্য) এবং অক্সিজেন ত্যাগ করে। এই অক্সিজেন বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি করে। এইখানে উল্লেখযোগ্য যে, মঙ্গলগ্রহে বা অন্য কোন গ্রহে অক্সিজেনের অস্তিত্ব বন্ধ করা যায় নাই। অতএব আমাদের পক্ষে এই সমস্ত গ্রহে অক্সিজেন ব্যতিরেকে অধিবাসন করা অসম্ভব।

আমরা যতই উপরে উঠিতে থাকিব ততই বায়ু হাল্কা হইয়া আসিবে। প্রকৃতপক্ষে বায়ুমণ্ডলের অর্ধেকাংশ পৃথিবীর উপবিভাগে ৩৫ মাইলের মধ্যে আবদ্ধ হইয়াছে। ইহা মাধ্যাকর্ষণের ফল। বায়ুমণ্ডলের নিম্নাংশে সর্বপ্রকার আবহাওয়ার ভাবন্য ঘটনা থাকে। এই অংশকে

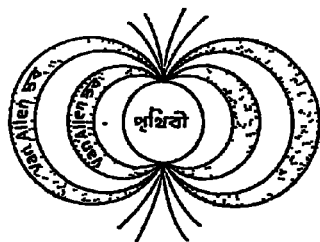
ট্রোপোস্ফিয়ার (Troposphere) বলে। ইহা প্রায় ৫ হইতে ১০ মাইলের মধ্যে সীমাবদ্ধ। ইহার উপরে অর্থাৎ ১০ হইতে ৫০ মাইল পর্যন্ত বিজ্ঞাতিকে স্ট্রাটোস্ফিয়ার (Stratosphere) বলে। এই অঞ্চলেব তাপ মোটামুটি একইরূপ থাকে (-২৮°F)। ইহার পৰ ২৫ হইতে ৪০ মাইল পর্যন্ত তাপমাত্রা কিছুটা বেশী। এই ঈষদোষ তাপমাত্রাব কাৰণ এই যে, উক্ত অঞ্চলে 'ওজোন' (ozone) গ্যাস পাওয়া যায়। ইহার প্রতি 'অণু'তে (molecule) তিনটি 'পরমাণু' (atom) আছে এবং 'ওজোন' গ্যাস 'আলট্রা ভায়লেট' বর্ণি গ্রহণ করিয়া গরম হইয়া উঠে। এইরূপে এই গ্যাসটি সূর্য হইতে আগত ক্ষতিকর বর্ণিটিকে ভূ-পৃষ্ঠে আসিতে বাধা দেয়। 'প্রায় ৬০০ মাইলেব উপরে' বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা ঋদ্ধি পাইয়া এমন অবস্থাব সৃষ্টি হয় যে, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাসেব অণুগুলি ভাঙিয়া স্বাধীন পরমাণুব অবস্থায় আসে এবং সূর্যালোক হইতে নিকৃষ্ট নানাপ্রকার 'বর্ণি' এবং বৈদ্যুতিক 'কণা ব' (particle) সংঘর্ষে আসিয়া 'আয়নে' (ion) পরিণত হয়। এই অঞ্চলকে 'আয়নস্ফিয়ার' (ionosphere) বলে। এই অঞ্চলেই 'অবোবা' পরিলক্ষিত হয়।

৩.৪. পৃথিবী একটি চুম্বক (Earth is a Magnet)

একটি 'বার-ম্যাগনেট' (Bar-magnet)-এব মত পৃথিবীর চুম্বক শক্তি (magnetic field) আছে। চুম্বকের যেমন উত্তর এবং দক্ষিণ 'পোল' (North & South poles) আছে, পৃথিবীর ঐকম 'পোল' আছে। চুম্বক হিসাবে ইহার উত্তর 'পোল' ভৌগোলিক 'সুমেদক বিন্দু' হইতে ১২০০ মাইল পশ্চিম দিকে (উত্তর-পূর্ব কানাডায়) অবস্থিত। এই 'পোল'দ্বয়ের অবস্থান পরিবর্তনশীল। চুম্বক হিসাবে ইহার শক্তি নগণ্য (weak field strength)। পৃথিবী কেন চুম্বকের মত ব্যবহার কবে তাহা এখনও অজ্ঞাত। হয়ত পৃথিবীর আন্তরিক গতির (Diurnal motion) ফলে ইহার অভ্যন্তরস্থ বৈদ্যুতিকপদার্থগুলি 'কারেন্ট' (current) বা বৈদ্যুতিক 'প্রোডের' সৃষ্টি কবে এবং ফলে এই চুম্বকের শক্তি পরিলক্ষিত হয়।

আধুনিককালে আমেরিকা এবং সোভিয়েট বকেটের সাহায্য পৃথিবীর চুম্বক শক্তির পরিমাপ করা হইয়াছে। এই সমস্ত বকেটে ম্যাগনেটোমিটার (Magnetometer) স্থাপন করা হইয়াছিল। ভূ-পৃষ্ঠ হইতে বিভিন্ন উচ্চতায় চুম্বক-শক্তির পরিমাণ নির্ধারণ করা য় দেখা গিয়াছে যে, অধিক উচ্চতায় এই শক্তি অত্যন্ত দ্রুত

গতিতে হ্রাস পাইয়া থাকে এবং একই স্থানে সমস্তের উপর ইহা নির্ভর করে। ১৯৫৮ সালের জানুয়ারী মাসে বকেট 'Explorer-I' এবং সাহায্য বৈজ্ঞানিক Van Allen



১৭ নং চিত্র

আবিষ্কার করেন যে, বায়ুমণ্ডলে পৃথিবীকে বেষ্টিত করিয়া ২০০০ মাইল এবং ১০,০০০ মাইল উর্ধ্বে দুইটি স্তরের বৈদ্যুতিক কণাগুলি অতিশয় শক্তিসম্পন্ন (high energy) এবং এই কণাগুলি পৃথিবীর চুম্বক-শক্তি দ্বারা প্রভাবান্বিত হইয়া এই দুইটি স্তরে আবদ্ধ হইয়া আছে। এই স্তরগুলিকে 'Van Allen স্তর' বলা হয়। (১৭ নং চিত্র দেখুন)।

৩৫ পৃথিবীর আঁহিক গতি (Rotation of the Earth)

যদিও নিউটন, গ্যালিলিও, কেপলার, কপারনিকাস নানাভাবে প্রমাণ করিয়াছিলেন যে, পৃথিবী আপন মেরুদণ্ডের (axis) উপর অনবরত ঘুবিতেছে, তবুও ১৮৫০ খ্রীস্টাব্দের পূর্বে পৃথিবীর আবর্তনের সহজ প্রমাণ পাওয়া যায় নাই।

ফুকো (Foucault) এবং তাঁহার দোলক : ১৮৫১ খ্রীস্টাব্দে ফরাসী বৈজ্ঞানিক ফুকো, ২০০ ফুট লম্বা একটি তার হইতে ৬০ পাউণ্ড ওজননের একটি দোলক ঝুলাইয়া দিলেন। অতি সাবধানে তিনি দোলকের বলকে একটি স্থায়ী সাহায্যে এক পার্শ্বে লইয়া স্থিত পোড়াইয়া দিলেন। তখন দোলকটি চলিতে আবদ্ধ করিল। দোলকের তলায় বস্তুিত বালির উপর দাগ কাটাবার জন্য বলটির তলায় একটি সূঁচ লাগানো হইয়াছিল

এবং বাহিরের বাতাসেব ঘ্রোত কোন বাবা স্থলি যেন না করিতে পাবে সেইজন্য যথেষ্ট সতর্কতা অবশ্যন করা হইয়াছিল। এই পরীক্ষা দেখা গেল যে, প্রতি দোলনের পরই বালিৰ উপবে অঙ্কিত দাগগুলি বিভিন্ন। ইহাব অর্থ এই যে, যে-তলে দোলকটি দুলিতেছিল সেই তলটি ক্রমাগত ঘূৰিতেছে। পৃথিবীৰ আবর্তন ব্যতিরেকে এই ঘটনা সম্ভব নহে।

পৃথিবীৰ মাধ্যাকর্ষণ ছাড়া অন্য কোন বহিঃশক্তি দ্বাৰা দোলকটি প্রভাবান্বিত হইতেছে না। সুতবাং, যদি পৃথিবী আবর্তন না করিত তাহা হইলে যে-তলে দোলকটি দুলিতেছে সেই তলটি একই অবস্থায় থাকিত এবং দোলকটি একইভাবে দুলিতে থাকিত। যেহেতু দোলকটির গতি দিক পরিবর্তন কৰে, অতএব পৃথিবী নিশ্চয়ই আবর্তন কৰিতেছে।

ফুকোৰ দোলক লইয়া যদি স্ক্লেমেন্টে পরীক্ষা করা হয় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে, দোলকের তল সাৰা দিন-বাত্ৰিতে সম্পূর্ণভাবে একবার ঘূৰিয়া আসিবে। অন্য স্থানে দোলকটির তল সেই গতিতে আবর্তন করিবে, যে গতিতে ঐ স্থানে পৃথিবী আবর্তন কৰিতেছে। আমরা যদি স্ক্লেমেন্টে উপব হইতে পৃথিবীৰ দিকে তাকাই তাহা হইলে পৃথিবীকে ফেনোমেনাফ বেকডে'ব মত ঘূৰিতে দেখিব। আবার যদি বিষুব বেষ্টাব উপব কোন স্থানে আমরা দোলকটি পরীক্ষা কৰি তাহা হইলে দেখিব যে, ইহাব তল কোন-কপ দিক পরিবর্তন কৰিতেছে না। ইহাব কারণ, বিষুব বেষ্টাব উপব যে-কোন স্থানে উপব হইতে পৃথিবীৰ আবর্তন লক্ষ্য করিলে আমরা শুধু ইহাব পূর্ব-পশ্চিম দিকের সোজা গতি (Translational motion) দেখিতে পাইব। যে-কোন অক্ষাংশে ফুকোৰ দোলকের পৰিঘট নিম্নরূপে নির্ণয় করা যায়।

মনে ককন, পৃথিবীৰ কৌণিকগতি $= \omega$, কৌণিকগতি \equiv angular velocity।

মনে ককন, কোন স্থানের অক্ষাংশ $= \phi$

ঐ অক্ষাংশে কৌণিক গতির (ব্যাসার্ধের দিকে) পরিমাণ

$$= \omega \sin \phi$$

এই ব্যাসার্ধে চতুর্দিকে একবাব ঘূৰি। আসিতে দোলকের তলেব

$$\text{মোট সময় লাগিবে } \frac{360^\circ}{\omega \sin \phi}$$

$$\text{যেহেতু, } \omega = \frac{360}{24 \text{ ঘ. } 56 \text{ মি.}}$$

অতএব, ' ϕ '-অক্ষাংশেব কোন স্থানে ফুকোব দোলকের পিৰিঘড P হইবে।

$$P = \frac{24 \text{ ঘ. } 56 \text{ মি}}{\sin \phi}$$

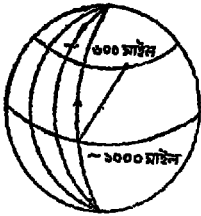
এইখানে মনে বাৰিতে হইবে যে, পৃথিবীৰ আবৰ্তনেব ফলে দোলকের অবলম্বন (support) এবং বলটিও ঘূৰিতে থাকিবে। কিন্তু ইহা দোলকের 'দোলন' (swing)-কে কোনৰূপে বাধা দিবে না।

আমবা এই শেষোক্ত মন্তব্যকে সহজেই পৰীক্ষা দ্বাৰা শ্ৰব কৰিতে পাৰি। যে কোন একটা ছোট বলেব সহিত স্তুতা বাঁধিবা আমবা যদি হাত হইতে কুলাইবা উহাকে দোলাইতে থাকি এবং সেই সঙ্গে স্তুতাটিকে পাকাইতে (twist) থাকি তাহা হইলে দেখিব যে, অবলম্বিত বলটিও ঘূৰিতেছে, কিন্তু উহাব 'দোলন' অব্যাহত আছে।

৩৬ 'কৰিওলিসেৰ' ফল (Coriolis effect)

ফুকোব দোলকের তলেব আপাত-আবৰ্তন হইতে আমবা পৃথিবীৰ আবৰ্তনেব পৰিচয় পাইবাছি। শুধু দোলক নহে, যে-কোন গতিশীল বস্তুৰ উপৰ পৃথিবীৰ আবৰ্তন প্ৰতিফলিত হয়। এই আবৰ্তনজনিত প্ৰতিফলিত ফলকে আমবা 'কৰিওলিসেৰ' ফল বলি। যে-কোন বস্তুকে উত্তৰ গোলাৰ্ধেব যে-কোন স্থান হইতে ছুঁড়িবা দিলে দেখা যাইবে যে, ইহাব গতি ডান দিকে একটু সৰিবা গিয়াছে। মনে কৰুন, বিষুব-বেষ্ণৰ কোন স্থান হইতে একটু টিলকে সোজা উপৰ দিকে ছুঁড়িবা দেওবা হইল (projective)। গতিৰ প্ৰথম মুহূৰ্ত হইতে টিলটিব পূৰ্ব দিকে একটু গতি (পৃথিবীৰ আবৰ্তনজনিত) থাকিবে। এই গতিব পৰিমাণ ঘটাব প্ৰায় ১০০০ মাইল। টিলটিব উপৰ সৰ্বক্ষণ মাধ্যাকৰ্ষণেব প্ৰভাব

বিরাজ করিতেছে। টিলিট উত্তর দিকে চলিবার সময় ইহাব পূর্ব গতি সর্বদাই ১০০০ মাইল/ঘণ্টা স্থির থাকিবে। কিন্তু বিষুব বেষ্টার উত্তরে যে-কোন স্থানের পূর্ব দিককাব গতি ঘণ্টায় ১০০০ মাইল অপেক্ষা কিছু কম। অতএব ফল হইবে এই যে, টিলিট যখন পৃথিবীতে কিম্বা আসিবে



১৮ নং চিহ্ন
'ক' হিউলিস ফল'

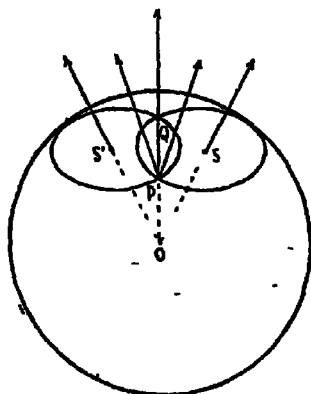
তখন প্রথম স্থান হইতে সোজা উত্তরে না হইয়া, কিছুটা উত্তর-পূর্ব স্থানে আসিয়া পড়িবে। কোন 'মিসাইল' (Missiles) ছুঁড়িবার সময় 'ট্যাবলেট' (লক্ষ্যস্থল) সোজা না ছুঁড়িয়া কিছুটা উত্তর পশ্চিম কোণে ছুঁড়িতে হইবে।

৩.৭ সমুদ্রবক্ষে এবং আকাশে নেভিগেশন (Navigation)

ভূ-পৃষ্ঠে যে-কোন স্থানে, বিশেষ করিয়া সমুদ্রবক্ষে জাহাজের নাবিকেরা তাঁহাদের জাহাজের অবস্থান নির্ণয় কবিত্তে আকাশে নক্ষত্রের অবস্থানাদি সাহায্য লইয়া থাকেন। সূর্য, চন্দ্র, গ্রহ এবং উজ্জল নক্ষত্র কয়েকটির স্থানাঙ্ক ফল (Celestial co-ordinates) পূর্ব হইতেই 'নটিক্যাল অ্যালমানাক' (Nautical Almanac) নামক পত্রিকা পকাশিত হয়। সমুদ্রবক্ষে জাহাজের নাবিক, তিনি কোথায় আছেন তাহা নির্ণয় কবিবার জন্য প্রথমে দুইটি পরিচিত নক্ষত্রের বা জ্যোতিষের উচ্চতা, সেক্সট্যান্ট নামক যন্ত্রের সাহায্য স্থির করেন। তাবপূর্ব 'অ্যালমানাক' হইতে ঐ সময়ে (গ্রীনউইচ সময়) উহাদের স্থানাঙ্কের বর্ণনা গ্রহণ করেন। প্রত্যেক জাহাজে বা এরোলগনে Chronometer-এব সাহায্য গ্রীনউইচের সময় নির্ণয় করা হয়। এখন যে-কোন একটি উজ্জল জ্যোতিষের দিকে লক্ষ্য করুন ঐ মুহূর্তে ঐ জ্যোতিষটি পৃথিবীর কোন্ স্থানের জেনিথে বিবাজ কবিত্তে তাহা নির্ণয় করা যায়। পর-পৃষ্ঠা ১৯নং চিত্রে মনে করুন P বিশুট্ট নাবিকের অবস্থান (ভূ-পৃষ্ঠে) এবং যে-কোন দুইটি পরিচিত জ্যোতিষ ভূ-পৃষ্ঠে S এবং S' স্থানের জেনিথে অবস্থিত আছে। জ্যোতিষগুলি বহুদূরে

থাকায় পৃথিবীর সর্বত্র উহাদের আলো সমান্তরালভাবে পতিত হইবে। এখন নাবিকের জেনিথ এবং প্রথম জ্যোতিষ্কের মধ্যে যে-কৌণিক ব্যবধান, উহা পৃথিবীর কেন্দ্র O হইতে P পর্যন্ত অঙ্কিত ব্যাসার্ধ এবং O হইতে S পর্যন্ত অঙ্কিত ব্যাসার্ধের মধ্যে কৌণিক ব্যবধানের সমান হইবে। মনে করুন P বিন্দুতে জেনিথ এবং প্রথম জ্যোতিষ্কের কৌণিক ব্যবধান α অর্থাৎ OP এবং OS -এর কৌণিক ব্যবধান α এবং সেইকপ OP এবং OS' এর কৌণিক ব্যবধান β S এবং S' বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া যথাক্রমে α এবং β ব্যাসার্ধ লইয়া দুইটি বৃত্ত অঙ্কিত করিলে উহা P বিন্দুর মধ্য দিয়া যাইবে।

সাধারণতঃ বৃত্ত দুইটি অপর একটি বিন্দুতে Q তে ছেদ করিবে। P এবং Q বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে কোন স্থানে নাবিকের অবস্থান তাহা সহজেই অনুমান করা যায়। এমন হইতে পারে যে, Q বিন্দুটি অত্র কোন সমুদ্রে অবস্থিত।



১৯ নং চিত্র

৩৮. পৃথিবীর বার্ষিক গতি (Revolution of the Earth)

আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, পৃথিবীর বার্ষিক গতির ফলে সূর্যকে আমরা আকাশে অগ্রাশ্রয় নক্ষত্রপুঞ্জের মধ্যে বিচরণ করিতে দেখি। সূর্যের এই ক্রমশঃ পূর্ব-গতি যে-পথে উপর দিয়া ঘটিয়া থাকে সেই পথকে আমরা এলিপটিক বা কক্ষপথ বলি। সূর্যের এই আপাত গতি প্রকৃতপক্ষে যে পৃথিবীর বার্ষিক গতির ফলেই সংঘটিত হয় তাহা আমরা নিম্ন উপায়ে প্রমাণ করিতে পারি।

পৃথিবীর বার্ষিক গতির প্রমাণঃ প্রথমতঃ আমরা যদি নিউটনের নিয়ম মানিয়া লই তাহা হইলে সহজেই প্রমাণ করা যাক যে, পৃথিবী

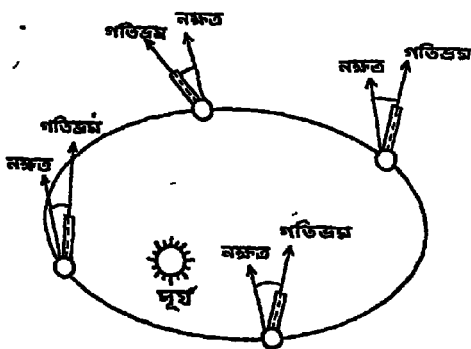
সূর্যের চতুর্দিকে ঘুরিয়েছে। ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, সূর্য পৃথিবী অপেক্ষা ৩৩৩,০০০ গুণ বেশী ভারী। অতএব পৃথিবী এবং সূর্যের ভবকেন্দ্র (Center of mass), সূর্য কেন্দ্র হইতে $\frac{1}{333000} \times$ (সূর্য-পৃথিবী দূরত্ব) অপেক্ষাও কম। অতএব এই ভবকেন্দ্রটি সূর্যের মধ্যেই অবস্থিত। সুতরাং সূর্যের পক্ষে পৃথিবীর চতুর্দিকে ঘুরিয়া আসা সম্ভব নহে।

দ্বিতীয়তঃ, পৃথিবী হইতে নিকটবর্তী নক্ষত্রগুলির ‘প্যারালাক্স’ (Parallax) লক্ষ্য করা যায়। একই স্থানে বিভিন্ন সময়ে আমরা কোন নক্ষত্রের দিকে লক্ষ্য রাখিলে আমরা নক্ষত্রের দিক (direction)-এব. পরিবর্তন লক্ষ্য করি। পৃথিবী আপন স্থান পরিবর্তন করে বলিয়াই এই ‘প্যারালাক্স’ লক্ষ্য করা সম্ভব হয়। উনবিংশ শতাব্দীতে Bessel সর্বপ্রথম ৬১ ‘সিগ্‌নী’ (Cygni) নামক নক্ষত্রের ‘প্যারালাক্স’ আবিষ্কার করেন।

তৃতীয়তঃ, নক্ষত্র হইতে পৃথিবীতে যে আলো আসে আমরা সেই আলোর ‘গতিভ্রম’ (aberration) লক্ষ্য করি। মনে করুন এক ব্যক্তি একটি নল (পাইপ) সোজা করিয়া ধরিয়া ঝড়ের মধ্যে হাঁটিয়া বাইতেছে। যদি ঝড় সোজাভাবে পড়িতে থাকে এবং নলটিতে খাড়া করিয়া ধরা হয় তাহা হইলে ঝড় নলের দৈর্ঘ্য বহিরা পড়িতে থাকিবে তখনই যখন ব্যক্তিটি ছুপ করিয়া দাঁড়াইয়া থাকে। কিন্তু যদি ব্যক্তিটি হাঁটিতে থাকে তাহা হইলে নলটিকে সামনের দিকে একটু হেলাইয়া ধরিতে হইবে যেন ঝড় নলটির দৈর্ঘ্য বহিরা নীচে নামিতে পারে।

সেইরূপ পৃথিবীর বার্ষিক গতিব জ্ঞাত, যদি নক্ষত্র হইতে আগত আলোকে টেলিস্কোপের দৈর্ঘ্য বহিরা আসিতে হয় তাহা হইলে টেলিস্কোপটিকে পৃথিবীর গতিমুখে একটু হেলাইয়া ধরিতে হইবে। ১৭২৭ খ্রিস্টাব্দে Bradley সর্বপ্রথম নক্ষত্রের এই ‘গতিভ্রম’ (aberration) আবিষ্কার করেন। যখন পৃথিবী নক্ষত্রের দিক হইতে লম্বভাবে চলিতে থাকে তখন এই গতিভ্রমের পরিমাণ সর্বোচ্চে অধিক এবং যখন পৃথিবী নক্ষত্রের দিকে অথবা নক্ষত্র হইতে বিপরীত দিকে চলিতে থাকে তখন কোনই ‘গতিভ্রম’ দেখা যায় না। ‘এরিস্টটেলিকের’ সমতলে যে

নক্ষত্র দেখা যায় সেই নক্ষত্রকে সমতলে সামনে কিংবা পিছনে সবলরেখায স্থানপরিবর্তন করিতে দেখা যায়; কারণ বৎসরের কোন সময়ে পৃথিবী ইহায দিকে এবং অপর সময়ে ইহার বিপরীত দিকে ভ্রমণ করে। যে নক্ষত্র এক্সিপ্লটিকেব উপর লম্বভাবে বিদ্যমান, সেই নক্ষত্রকে একটি স্বস্তাকাবে চলিতে দেখা যায়। এই দুইটি অবস্থা ব্যতীত অন্য অবস্থানের নক্ষত্রগুলি উপস্বস্তাকাবে (Ellipse) চলিতে দেখা যাইবে (২০ নং চিত্র দেখুন)।



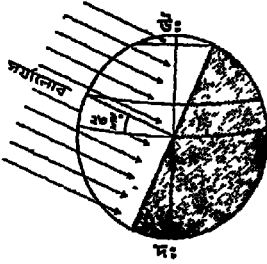
২০ নং চিত্র

নক্ষত্রের জ্যামিতিক দিক (প্রকৃত দিক) এবং বে-দিকে টেলিস্কোপকে ধরিতে হইবে এই দুইটি দিকের কৌণিক ব্যবধানের পরিমাণ নক্ষত্রের গতিভ্রম নির্দিষ্ট করে।

৩৯ 'ঋতু' (The Season)

সূর্যের চতুর্দিকে একটি উপস্বস্তাকাবে পৃথিবী ঘুরিতেছে। ফলে পৃথিবী-হইতে সূর্যের দৃষ্টি সব সময়ে একইরূপ থাকে না। কিন্তু এই জগৎই যে পৃথিবীর একই স্থানে 'ঋতু' পরিবর্তন হয় তাহা নহে। 'ঋতু' পরিবর্তনের প্রধান কারণ এই যে, পৃথিবীর বিষুব রেখায তল এবং পৃথিবীর কক্ষপথের তলের কৌণিক ব্যবধান- $23\frac{1}{2}^{\circ}$ । ইহায ফলে পৃথিবীর উত্তর গোলায় জুন মাসে সূর্যের দিকে এবং ডিসেম্বর মাসে সূর্যের বিপরীত দিকে হেলিয়া থাকে। ২২শে জুন (Summer

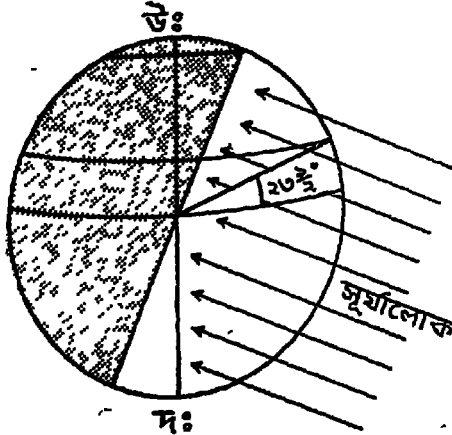
(solstice) সূর্য বিষুবরেখা হইতে $২৩\frac{১}{২}^{\circ}$ উত্তরে উদয় হয় এবং এই অক্ষাংশের সকল স্থানের জেনিথে থাকে। এই দিন সূর্যালোক সূর্য-বিশ্বের উভয় পার্শ্বে আলোকিত করে (২১ নং চিত্র দেখুন)।



২১ নং চিত্র

প্রকৃতপক্ষে সূর্যবিশ্বের উভয় পার্শ্বে $২৩\frac{১}{২}^{\circ}$ স্থান পর্যন্ত অর্থাৎ $৬৬\frac{১}{২}^{\circ}$ অক্ষাংশ অপেক্ষা অধিক অক্ষাংশের স্থানসমূহ ২২শে জুন তারিখে ২৪ ঘণ্টা সূর্যালোক পাইয়া থাকে। $৬৬\frac{১}{২}^{\circ}$ অক্ষাংশ বিশিষ্ট স্থানসমূহ পর্যন্ত ঐদিন সূর্য অন্ত যাইবে না (মধ্য রাত্রির সূর্য), $৬৬\frac{১}{২}^{\circ}$ ডিগ্রী অপেক্ষা বৃহত্তর অক্ষাংশের স্থানসমূহ

আর্কটিক বৃত্তের অন্তর্গত। অপরপক্ষে সূর্যবশি অত্যন্ত তির্যকভাবে (obliquely) দক্ষিণ গোলার্শে পতিত হয়। এমন কি $৬৬\frac{১}{২}^{\circ}$ দক্ষিণ অক্ষাংশ হইতে ক্রমেই পর্যন্ত অংশ ঐ দিন সূর্যালোক হইতে বঞ্চিত হয়। আবার ৬ মাস পরে অবস্থা সম্পূর্ণরূপে পরিবর্তিত হইয়া যায়। ২২শে ডিসেম্বর তারিখে (winter solstice) সূর্য $২৩\frac{১}{২}^{\circ}$ দক্ষিণ



২২ নং চিত্র

অক্ষাংশের স্থানসমূহে উপব খাড়াভাবে কিবণ দেয় এবং ঐ দিন উত্তর গোলাৰ্ধে সন্মেক হইতে $২০\frac{১}{২}^{\circ}$ স্থান পর্যন্ত সূর্যালোক দেখা যায় না (২২ নং চিত্র দেখুন)। এই সময় দক্ষিণ গোলাৰ্ধে গ্রীষ্মকাল এবং উত্তর গোলাৰ্ধে শীতকাল থাকে।

আবার, ২১শে মার্চ এবং ২৩শে সেপ্টেম্বর তারিখে সূর্য মহাবিশুববেখাব উপব আসে এবং ঐ দুইদিন পৃথিবীর সর্বত্র ১২ ঘণ্টা দিন এবং ১২ ঘণ্টা রাত্রি ঘটিয়া থাকে। যে দুইটি বিন্দুতে সূর্য মহাকাশ বা মহাগোলকেব উপব দেখা যায় এই দুইটি বিন্দুকে যথাক্রমে ‘ভাবনাল একুইনক্স’ বা ‘বসন্ত-কালীন সমবাত্তি’ এবং ‘অটোমনাল একুইনক্স’ (শাবদীষ সমবাত্তি) বলে।

২০ নং চিত্রে কোনও এক স্থানের আকাশে সূর্যেব উদযাস্ত দেখানো হইয়াছে। বসন্তকালে এবং গ্রীষ্মকালে সূর্য বিষুববেখাব উত্তরে অবস্থান কবে এবং ১২ ঘণ্টাব অধিক সময় আকাশে দেখা যায়। এবং এই সময় সূর্যেব উন্নতি অধিকতর (high altitude) হওয়ায় সূর্যকিবণ সোজাভাবে এই সমস্ত স্থানেব ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয় এবং ইহাব উত্তাপও অধিক হইয়া থাকে। কিন্তু শীতকাল এবং শবৎকালে সূর্যেব উন্নতি অপেক্ষাকৃত কম হওয়ায় সূর্যকিবণ তির্যকভাবে পতিত হয় এবং ভূ-পৃষ্ঠে অপেক্ষাকৃত কম উত্তাপ হইয়া থাকে।



বিভিন্ন অক্ষাংশে ঋতুর কপ : বিষুববেখাব উপব স্থানসমূহে সকল ঋতুই প্রায় সমান। প্রত্যহ সূর্য ১২ ঘণ্টা আকাশে দেখা যায়। অর্থাৎ দিবা-রাত্রি সর্বদাই সমান। ২২শে জুন সূর্য জেনিথ অপেক্ষা $২০\frac{১}{২}^{\circ}$ উর্বে আকাশে মেবিডিবান অতিক্রম কবে এবং ২২শে ডিসেম্বর জেনিথ অপেক্ষা $২০\frac{১}{২}^{\circ}$ দক্ষিণে মেবিডিবান অতিক্রম কবে।

বিষুববেখা হইতে বতই উত্তরে বা দক্ষিণে যাওয়া যায় ততই ঋতু পবি-বর্তন বিশেষভাবে লক্ষ্য কবা যায়। কর্কটক্রান্তিতে (tropic of cancer) ২২শে জুন তারিখে সূর্য বিপ্রহবে জেনিথে দেখা যায় এবং ২২শে ডিসেম্বর তারিখে জেনিথের ৪৭° ডিগ্রী দক্ষিণে মেবিডিবান অতিক্রম করে। আর্কটিক

যন্তে গ্রীষ্মের প্রথম দিনে সূর্য অস্ত যাব না, কিন্তু মধ্যরাত্রিতে উত্তর বিষ্মুতে স্পর্শ করিয়া যাব। ২২শে ডিসেম্বর সূর্যোদয় হয় না কিন্তু হিপ্রহবে দক্ষিণ বিষ্মুকে স্পর্শ করিয়া যাব। কর্কটক্রান্তি হইতে আর্কটিক যন্ত পর্যন্ত স্থানসমূহে ($২৫\frac{১}{২}^{\circ}$ — $৬৬\frac{১}{২}^{\circ}$) দিবা-রাত্রির দৈর্ঘ্যের উপবোজ সীমাব মধ্যে পবিবর্তন ঘটিয়া থাকে।

আমরা জানি যে, স্নমেক বিষ্মুতে বিষুবরেখার উত্তরের যাবতীয় গ্রহ-নক্ষত্রাদি সর্বদাই দিগন্তরেখার উপর দেখা যাব এবং উহারা যন্তাকারে দিগন্ত রেখার (=বিষুবরেখা) সমান্তরালে ঘূর্ণিতে থাকে। ২১শে মার্চ হইতে ২৩শে সেপ্টেম্বর পর্যন্ত সূর্য বিষুবরেখার উত্তরে উদয় হয়। অতএব এই ৬ মাস কাল স্নমেকতে ববাবব দিন হইতে থাকিবে। ২২শে জুন সূর্যের উন্নতি $২৩\frac{১}{২}^{\circ}$ । ২১শে মার্চ সর্বপ্রথম সূর্যোদয় হয়। ঐ দিন সূর্য দিগন্ত-রেখার উপর থাকে। তাবপব দিন দিন উপবে উঠিতে উঠিতে ২২শে জুনে সর্বাপেক্ষা অধিক উন্নতিতে আসে। আবাব ২২শে জুনের পর ক্রমশঃ ইহাব উন্নতি ক্রম পাইয়া ২৩শে সেপ্টেম্বর পুনবাব দিগন্ত-রেখায় ফিবিয়া আসে। ইহাব পব আব ৬ মাস সূর্যোদয় হয় না। উত্তর গোলার্ধের কোনও স্থানে গৃহ নির্মাণ কবিবাব সময় গৃহেব সন্মুখভাগ দক্ষিণ দিকে রাখিবাব সুবিধা এই যে, বৎসবের-অধিকাংশ সময় সূর্য দক্ষিণ দিকে হেলিবা উঠে।

গোধূলী (Twilight) : আমরা জানি যে, সূর্যাস্তের সঙ্গে সঙ্গেই আকাশ অন্ধকার হয় না। দৃশ্যতঃ সূর্যাস্তের পবও বায়ুমণ্ডলের উপবিভাগ সূর্যবন্নিিকে কিছুক্ষণ ধবিয়া বাখিতে সক্রম হয় এবং আকাশ আলোকিত কবে। বায়ুমণ্ডলে অবস্থিত গ্যাস যতটুকু ঘনীভূত হইবা আছে তাহাব ফলে সূর্য প্রায় ১৮° ডিগ্রী দিগন্তের নীচে বাওবা পর্যন্ত সূর্যবন্নি বিকির্ণ হইতে সক্ষম হয়। বিষুবরেখায় অবস্থিত স্থানসমূহে সূর্য সোজাভাবে উদয় হয় এবং অস্ত যাব। ফলে এই সময় স্থানে গোধূলিব (twilight) সময় প্রায় ১ ঘণ্টাকাল বিদ্যমান থাকে। কিন্তু উত্তর এবং দক্ষিণ অক্ষাংশের স্থানসমূহে সূর্য উদযাস্তের সময় কিছুটা হেলিবা

থাকে। ইহাব ফলে দিগন্তের নীচে ১৮° পরিমাণ অন্ত যাইতে সূর্যের বেশী সময় দবকাব হয় এবং সেইজন্য গোখুলিব সময় বৃদ্ধি পায়। উক্ত মেকতে শীতকালে সূর্যোদয়ের পূর্বে এবং সূর্যাস্তের পবে প্রায় ৬ সপ্তাহ গোখুলিব আধো আলো আধো ছায়া দেখা যায়।

৩.১০. পৃথিবীর নানা গতি

পৃথিবীর আঙ্গিক গতি এবং বার্ষিক গতি ছাড়াও অজ্ঞাত গতি পৰিলক্ষিত হয়। নিম্নে আমরা পৃথিবীর বিভিন্ন গতিব উল্লেখ কৰিতেছি। পবে আমবা এই সমস্ত গতিব বিশদ বর্ণনা দিব।

- ১। পৃথিবীর আঙ্গিক গতি আছে।
- ২। পৃথিবীর অক্ষবেখা (axis) অতিশয় ধীবে দিক পরিবর্তন করে।
- ৩। পৃথিবীর বার্ষিক গতি আছে।
- ৪। পৃথিবীর উপরিস্থ কোনও স্থানের অক্ষাংশেব বহু বৎসবে কিঞ্চিৎ পরিবর্তন হয়।
- ৫। চন্দ্রের কক্ষপথ পৃথিবীর কক্ষপথেব সঙ্গে আঙ্গিক কোণে হেলিয়া আছে বলিয়া পৃথিবীর অক্ষবেখাব কিছু দিক পরিবর্তন ঘটে।
- ৬। পৃথিবী সৌর জগতের সঙ্গে নিকটবর্তী নক্ষত্রের তুলনায় স্থান পরিবর্তন করে।

এইকপ নানা প্রকাব গতিব ফলে মানুষেব মনে স্বভাবতঃই প্রশ্ন জাগে কি উপায়ে পৃথিবীর প্রকৃত গতি নির্ণয় করা সম্ভব। Michel-son এবং Morley নামক দুইজন বৈজ্ঞানিক পৃথিবীর এই গতি নির্ণয় কৰিতে বাইখা অক্ষম হন এবং ইহাব ফলে Einstein-এব আপেক্ষিক তত্ত্বের আবির্ভাব হয়। এই আপেক্ষিক তত্ত্বের মূল বিষয় এই যে, কোনও পদার্থের প্রকৃত গতি নির্ণয় সম্ভব নহে।

প্রশ্নমালা-৩

১। সূর্যের ব্যাস ৮,৬৪,০০০ মাইল হইলে উহার উপবিভাগে প্রতি ডিগ্রীতে কত মাইল দূরত্ব হইবে?

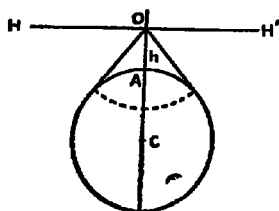
২। পৃথিবীর পৰিমাণ (mass) নির্ণয় এবং মাধ্যাকর্ষণের ক্রম সংখ্যা G নির্ণয় একই কথা কেন?

৩। সূর্যের (north pole) এবং কুমের (south pole) বিন্দুদ্বয়ের অক্ষাংশ কত? সূর্যের এবং বিষুবরেখার মধ্যবর্তী স্থানের অক্ষাংশ কত?

৪। ফোকাস দোলকের সূর্যের এবং কুমের বিন্দুতে কি কি বৈশিষ্ট্য লক্ষ্য করা যায়—তাহা বর্ণনা করুন।

৫। দৃশ্যমান দিগন্তবলয় (visible horizon)।

যদি একজন দর্শক ভূ-পৃষ্ঠে দাঁড়াইয়া পর্যবেক্ষণ করেন তাহা হইলে তিনি কতদূর পর্যন্ত দেখিতে পাইবেন তাহা সহজেই নির্ণয় করা যায়। মনে করুন OA একজন দর্শক। OT এবং OT' দুইটি স্পর্শক তাহার দৃষ্টব সীমা নির্দেশ করিবে।



২৪ নং চিত্র

জ্যামিতি হইতে আমরা পাই যে $BO, OA = OT^2$

যদি $OA = h$, $OT = d$, $CA = r$ হয় তাহা হইলে $(2r + h)h = d^2$

অথবা $h = r^2 \sqrt{r^2 + d^2}$

$$= -r^2 r \left\{ 1 + \frac{d^2}{r^2} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore h = \frac{d^2}{2r} \text{ আসন্ন মান লইয়া}$$

অথবা, $d = \sqrt{2rh}$

যদি $r = ৩৪৪২$ মাইল ধরা হয় (নটিক্যাল মাইল) এবং h ফুটে আপা যায় তাহা হইলে,

$$d = ১.০৬৪ \sqrt{h} \text{ নটিক্যাল মাইল।}$$

চতুর্থ অধ্যায়
সময় এবং পঞ্জিকা
(Time and Calendar)

অতি পুরাতন কাল হইতেই মানুষ জ্যোতিষ-বিজ্ঞান সাহায্যে সময় এবং পঞ্জিকার ব্যবহার করিয়া আসিতেছে।

৪.১. সময় গণনা

পৃথিবীর আবর্তনের উপর নির্ভর কবিয়া সময় গণনা করা হয়। যখন পৃথিবী আপন মেরুদণ্ডের উপর ঘূর্ণিতে থাকে তখন কোনও নির্দিষ্ট স্থানের আকাশে কোনও বিশিষ্ট নক্ষত্র (এখানে সূর্য) মধ্যাহ্ন বেলা বা মেরিডিয়ান পর্ব পর্ব অক্রিয় কবিত্তে যে সময় দরকার হয় সেই সময়কে আমরা দিন (day) বলি। প্রতি দিনকে আমরা ২৪ ভাগে ভাগ করিয়া থাকি এবং প্রত্যেক ভাগকে একটি ঘণ্টা বলি।

(ক) কৌণিক কাল (Hour Angle)

একটি নির্দিষ্ট নক্ষত্র যখন মেরিডিয়ান অতিক্রম করে তখন হইতেই সময় গণনা করা হয় এবং কোন নির্দিষ্ট সময়ে নক্ষত্রটির কৌণিক কাল (Hour angle)-এর পরিমাণই মধ্যাহ্ন হইতে সময় নির্ধারণ করেন। মনে করুন 'রিগেল' নক্ষত্র যখন মেরিডিয়ান অতিক্রম করে সেই মুহূর্তে ০ ঘ. ০ মি. ০ সে. ধরা হইল। মনে করুন এই সময়ের নাম 'রিগেল সময়'। ১২ ঘণ্টা অতিক্রম কবিত্তাব পর্ব রিগেলের কৌণিক কাল 180° পশ্চিম হইবে এবং তখন সময় ১২ ঘ. ০ মি. ০ সে.। যখন রিগেল মেরিডিয়ান হইতে মাত্র ১ ডিগ্রী পূর্ব দিকে অর্থাৎ 059° ইহাও কৌণিক কাল তখন রিগেল সময় ২০ ঘ. ৫৬ মি. ০ সে.। কৌণিক কালের সহিত সময়ের সম্বন্ধ দেখাইবার জন্য 060° ডিগ্রীকে ২৪ ঘণ্টা সময়ের সহিত সমান ধরিয়া প্রতি 1° ডিগ্রীতে ৪ মিনিট সময় গণনা করা হয় এবং কৌণিক কালকে এইরূপে সময়ের এককে প্রকাশ করা হয়।

একটু ঘূৰিষা আসিতে হইবে যেন সূৰ্য আৰাৰ মেৰিডিয়ানে আসে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, একটু সৌৰ দিনেৰ পৰিমাণ সাইডেৰিয়াল দিনেৰ পৰিমাণ অপেক্ষা একটু বেশী। এক সৌৰবৎসৰে ৩৬৫ দিন আছে এবং এই ৩৬৫ দিনে পৃথিবী ৩৬০° ডিগ্রী ঘূৰিষা আসে। অতএব প্ৰতিদিন পৃথিবী সূৰ্যেৰ চাৰিডিকে প্ৰায় ১° ডিগ্রী পৰিমাণ আপন কক্ষ-পথেৰ উপৰে সৰিষা যায়। চিত্ৰে $\angle ASB = ১^\circ$ ডিগ্রী দেখানো হইবাছে। এই ১° ডিগ্রী পৰিমাণ বেশী ঘূৰিষা আসিতে পৃথিবীৰ যে সমস্ত অতিবাহিত হইবে সেই সমস্তটুকুই সাইডেৰিয়াল এবং সৌৰ দিনেৰ মধ্যে ব্যবধান হইবে। সৌৰ দিনেৰ হিসাবে এক সাইডেৰিয়াল দিনেৰ পৰিমাণ ২৩ ঘণ্টা ৫৬ মিনিট ৪.০৯১ সেকেণ্ড।

(গ) সাইডেৰিয়াল সময়

সাইডেৰিয়াল দিনেৰ উপৰ ডিগ্ৰি কৰিষা সাইডেৰিয়াল দিনকে ঘণ্টা-মিনিট ও সেকেণ্ড বিভক্ত কৰা হয়। যখন 'ভাবনাল ইকুইনক্স, মেৰিডিয়ানে আসে তখন সাইডেৰিয়াল সময় ০ ঘ. ০ মি. ০ সে.।

সাইডেৰিয়াল সময় জ্যোতিষ্কবিজ্ঞা এবং নৌবিজ্ঞাৰ যথেষ্ট ব্যবহৃত হয়। মহাগোলকেৰ কোনও জ্যোতিষ্কেৰ স্থানাঙ্ক (Co-ordinates) বাইট অ্যাসেনশন্স এবং নতি (declination)-এৰ সাহায্যে স্থিৰ কৰা হয়। যেহেতু রাইট অ্যাসেনশনেৰ মূলবিন্দুকে 'ভাবনাল ইকুইনক্স' গ্ৰহণ কৰা হয় (পৃথিবীৰ উপৰিস্থ দ্ৰাঘিমাৰ মূল গ্ৰীনউইচেৰ জায়), অতএব বাইট অ্যাসেনশন্স সাইডেৰিয়াল সময়ৰে মান নিৰ্ণয় কৰে। প্ৰত্যেক অভিজ্ঞাবভেটবীতে (observatory) সাইডেৰিয়াল সময় নিৰ্ণয়ৰ গুৰু ঘড়ি বাখা হয়।

যাহা হউক, দৈনন্দিন জীৱনে আমবা সূৰ্যেৰ উদযান্ত হাবা সময় নিৰ্ণয় কৰি। অতএব বাস্তব ক্ষেত্ৰে সৌৰ দিনেৰ সাহায্যে সময় নিৰ্ণয় বেশী প্ৰযোজন বিধাৰ সাইডেৰিয়াল সময়ৰে মূল্য সাধাৰণ জীৱনে অতি সামান্য।

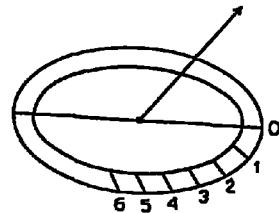
(চ) আপাত সোলাৰ সময় (সৌৰ সময়)

সাইডেৰিয়াল সময় যেমন 'ভাবনাল ইকুইনক্সেৰ' কৌণিক কাল প্ৰকাশ কৰে, তেমনি সোলাৰ সময় সূৰ্যেৰ কৌণিক কাল নিৰ্ণয় কৰে। এই আপাত

মধ্যাহ্নে সময় সূর্য আমাদের মাথার উপরে মেৰিডিয়ান বেখার উপর আসে। গণনার সুবিধার জন্য মধ্যাহ্নিতে ০ ঘ. ০ মি. ০ সে ধরা হয়। সুতরাং মধ্যাহ্নে আপাত সোলাৰ সময় ১২ ঘ. ০ মি. ০ সে. মধ্যাহ্নে পূর্ব পর্যন্ত সময়কে আমবা A. M. (ante meridian বা before meridian) বলি। মধ্যাহ্নে পৰ হইতে আমবা P. M. (post meridian বা past meridian) বলি। কোনও কোনও ক্ষেত্রে মধ্যাহ্নি হইতে গণনা শুরু কবিয়া ২৪ ঘণ্টা পর্যন্ত গণনা করা হয়। যেমন ২০ ঘ. ০৮ মি., এর অর্থ ৮ ঘ. ০৮ মি. p m

আমবা জানি যে ২০শে সেপ্টেম্বর সূর্য 'ভাবনাল ইকুইনক্স' হইতে মধ্যাহ্নে অটোম্যনাল ইকুইনক্সের মধ্য দিয়া অতিক্রম করে। ঐ দিন মধ্যাহ্নিতে যখন সোলাৰ সময় ০ ঘ. ০ মি. ০ সে তখন 'ভাবনাল ইকুইনক্স' মেৰিডিয়ানে অবস্থান করে। ঐদিন হইতে আবস্ত কল্পিয়া দৈনিক সাইডে-রিবাল সময় সোলাৰ সময়ের অপেক্ষা ০ মি. ৫৬সে কল্পিয়া বাড়িতে থাকে এবং এই দুই প্রকার সময়ের ব্যবধান পূর্ণ এক বৎসবে ২৪ ঘণ্টা হইয়া অবশেষে আদি স্থানে কল্পিয়া আসে। আপাত সোলাৰ সময় সূর্যের কৌণিক কালের সহিত ১২ ঘণ্টা যোগ কল্পিয়া পাণ্ডা ঘাঘ এবং সূর্য-ডাষাল (sun dial) এই সময় নির্দেশ করে। সূর্য-ডাষালে একটি কাঠি (gnomon) পৃথিবীর অক্ষবেখার (axis of the earth) সমান্তরাল কল্পিয়া রাখা হয়। নীচে ভূ-পৃষ্ঠে একটি বৃত্তের উপর ঐ কাঠির ছায়া দ্বারা সূর্যের কৌণিক কাল নির্ণয় করা হয়। বহুদিন দাবৎ মানুষ এই সূর্য-ডাষালের সহায়তায় সময় স্থির কবিত (২নং চিত্র দেখুন)।

দৃষ্টমান বা আপাত সোলাৰ সময়ের দৈর্ঘ্য বৎসরের সব সময় স্থির থাকে না। আমবা জানি যে সূর্য পৃথিবীর তুলনায় দৈনিক প্রায় ১ ডিগ্রী কল্পিয়া পূর্ব দিকে সল্পিয়া যাইতেছে। প্রকৃতপক্ষে জ্যোতিষ মণ্ডলীর মধ্যে সূর্যের এই গতি সর্বত্র

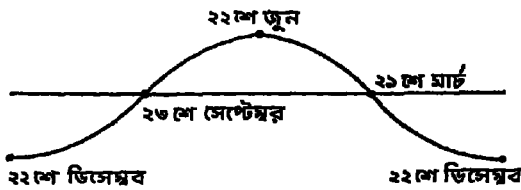
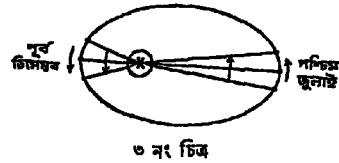


২ নং চিত্র

একরূপ (uniform) নহে, বরং কখনও কম বা কখনও অপেক্ষাকৃত দ্রুত গতিতে ঘটিয়া থাকে। যদি সূর্যেৰ পূৰ্ব দিকেৰ গতি সৰ্বদা একই ৰূপ থাকিত তাহা হইলে সোলাৰ সমবেৰ মান স্থিৰ থাকিত। যাহা হউক প্ৰধানতঃ দুইটি কাৰণে সূৰ্যেৰ আপাত গতি সৰ্বদা একই ৰূপ নহে। প্ৰথম কাৰণ এই যে, আপন কক্ষপথে সূৰ্যেৰ চাৰিদিক প্ৰদক্ষিণ কৰিবাব সম্বন্ধ পৃথিবীৰ গতি কম-বেশী হইয়া থাকে। যখন পৃথিবী সূৰ্যেৰ নিকটে আসে (ডিসেম্বৰ) তখন পৃথিবীৰ গতি সৰ্বাধিক এবং যখন সূৰ্য হইতে বৃহত্তম দূৰত্বে থাকে (জুলাই) তখন ইহাৰ

গতি সবচেয়ে কম। সূৰ্যেৰ দৃশ্যমান গতি প্ৰকৃতপক্ষে পৃথিবীৰ বাৰ্ষিক গতিবই ফল। অতএব সূৰ্যেৰ গতিৰ মध्ये আমবা এই অসমতা লক্ষ্য কৰিয়া থাকি। দ্বিতীয় কাৰণ এই যে,

পৃথিবীৰ কক্ষপথেৰ তল সোজাসুজি পূৰ্ব পশ্চিম দিকে না থাকিয়া মহা-বিষুবেৰ তলেৰ সহিত $23\frac{1}{2}^{\circ}$ ডিগ্ৰী কোণে অবস্থিত। ৩ নং এবং ৪ নং চিত্ৰে এই কাৰণ দুইটি পৰিকাবভাবে বুঝিতে পাৰা যাইবে।



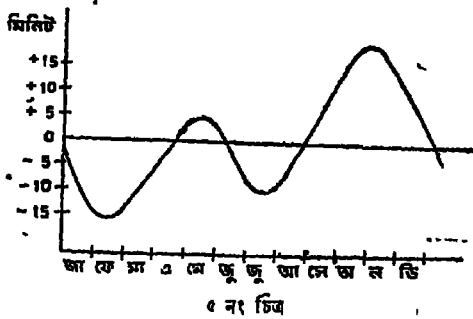
৪ নং চিত্ৰ

কক্ষপথেৰ এই হেলান অবস্থার জগু শুধু ২১শে মাৰ্চ এবং ২৩শে সেপ্টেম্বৰ তাৰিখে সূৰ্য প্ৰকৃতপক্ষে পূৰ্ব দিকে গতিশীল থাকে। কিন্তু মাৰ্চেৰ পৰে সূৰ্যেৰ গতি পূৰ্ব দিকেৰ একটু উত্তৰে এবং সেপ্টেম্বৰেৰ পৰে পূৰ্ব অপেক্ষা একটু দক্ষিণে গতিশীল থাকে। এই কাৰণে পৃথিবী একই গতিতে কক্ষ পথে চলিতে থাকিলেও সূৰ্যেৰ দৃশ্যমান পূৰ্ব গতি

বৎসরের বিভিন্ন সময়ে অসমান হইত। সোলাৰ দিনের দৈর্ঘ্য সাইডেৰিয়াল দিনের দৈর্ঘ্যের চেয়ে প্রায় ৪ মিনিট অধিক। ঘড়ি আবিষ্কারের পূর্বে দেখা গেল যে, দৃশ্যমান সোলাৰ সময় (apparent solar time)-এর সহিত ঘড়ির সময়তা বকা কবিতো হইলে অনেক অসুবিধা পড়িতো হত। ইহা হাত হইতে বকা পাইবার জন্য মধ্য-সোলাৰ সময় (mean solar time) আবিষ্কার করা হইয়াছে।

(ঙ) মধ্য-সোলার সময় (Mean solar time)

আমরা দেখিয়াছি যে, এলিপটিকের সমতল (plane) মহাবিশ্বের সহিত $23\frac{1}{2}^{\circ}$ কোণে বিস্তৃত বলিয়া সূর্যের দৃশ্যমান পূর্বগতি প্রতিদিন বিভিন্ন হইয়া থাকে এবং ইহা ফলে দৃশ্যমান সোলাৰ সময়ের পরিমাণ সর্বদা একরূপ থাকে না। ইহা সংশোধন করিবার জন্য বৈজ্ঞানিকরা একটি কালনিক সূর্যের অস্তিত্ব স্বীকার করিয়া লইয়াছেন। এই কালনিক সূর্য (mean sun) মহাবিশ্বের উপর একটি বিন্দু এবং ইহা মহাবিশ্বের উপর দৈনিক একই গতিতে পূর্ব দিকে গিয়া যাইতেছে বলিয়া বর্ণনা করা হয়। এই কল্পিত সূর্যের উপর ভিত্তি করিয়া যে সময় নির্ণয় করা হয় সেই সময়কে মধ্য-সোলার সময় (mean solar time) বলা হয়। ঘড়ির সময় এই কল্পিত সূর্যের কৌণিক কাল (hour angle) নির্ণয় করে। প্রকৃত সূর্যের অসমান গতিব জন্ত দৃশ্যমান সোলাৰ সময় কখনও ঘড়ির সময় (মধ্য-সোলাৰ সময়) অপেক্ষা বেশী এবং কখনও কম (less) চলিয়া থাকে। এই দৃশ্যমান সোলাৰ সময় এবং মধ্য-সোলাৰ সময়ের মধ্যে ব্যবধানকে সময় সমীকরণ (equation of time) বলে। এই ব্যবধান সর্বাধিক প্রায় ১৭ মিনিট পর্যন্ত হইতে পারে। সময় সমীকরণ জানা থাকিলে ঘড়ির সময়ের সহিত যোগ করিয়া বা ঘড়ির সময় হইতে বিয়োগ করিয়া দৃশ্যমান সময় নির্ণয় করা যায়। পূর্ব-পৃষ্ঠাব টিমে বৎসরের বিভিন্ন সময়ে সময় সমীকরণের 'গ্রাফ' (graph) বা লেখ প্রদর্শিত হইল।



‘সময় সমীকরণ’ = (দৃশ্যমান সোলার সময়) — (মধ্য-সোলার সময়) —
 এখানে আমাদের মনে রাখা দরকার যে, দৃশ্যমান সোলার সময় এবং মধ্য-
 সোলার সময় কোনও চিত্র-নির্দিষ্ট স্থানের সময় নির্দেশ করে। উপবেব
 লেখ হইতে দেখা যায় যে, এক বৎসবে চাব বার ‘সময় সমীকরণ’
 -এব মান ০ হইবে অর্থাৎ এই চাব বাব দৃশ্যমান সোলার সময় এবং
 মধ্য সোলার সময়ের মান একই থাকিবে। নিম্নেব টেবিলে প্রতি মাসের
 প্রথম তাবিখে সময় সমীকরণেব মান প্রদর্শিত হইল।

সময় সমীকরণ

দৃশ্যমান সময় মধ্য-সময় অপেক্ষা বেশী অথবা কম

(১৯৫৫ খ্রীস্টাব্দেব গণনা অনুসারে)

১লা জানুয়ারী ০ মি. ৮ সে. কম	১লা জুলাই ০ মি ৩০ সে কম
১লা ফেব্রুয়ারী ১০ মি ৩২ সে কম	১লা আগস্ট ৬ মি ১৮ সে. কম
১লা মার্চ ১২ মি. ৪০ সে কম	১লা সেপ্টেম্বর ০ মি. ২০ সে. কম
১লা এপ্রিল ৪ মি ১৬ সে. কম	১লা অক্টোবর ৯ মি. ৫৭ সে. বেশী
১লা মে ২ মি. ৪৮ সে. বেশী	১লা নভেম্বর ১৬ মি ২০ সে বেশী
১লা জুন ২ মি. ২৮ সে. বেশী	১লা ডিসেম্বর ১১ মি. ২১ সে. বেশী

বৎসবেব প্রথম দিকে ‘সময় সমীকরণেব’ দ্রুত পরিবর্তনেব ফল
 সহজেই বুঝা যায়। এই সময় পৃথিবী সূর্যেব নিকটতম দূরত্বে আসে
 এবং যথেষ্ট গতি সর্বাধিক হইয়া থাকে। অতএব, দৃশ্যমান সূর্য

পূর্ব দিকে অপেক্ষাকৃত দ্রুত অগ্রসর হইতেছে এবং ফলে সূর্যোদয় এবং সূর্যাস্ত একটু বিলম্বে ঘটিয়া থাকে। এইজন্য আমাদের ঘড়ির সমবানু-সাবে ২১শে ডিসেম্বরের পবণ দুই সপ্তাহ পর্যন্ত সূর্যোদয় বিলম্বে ঘটে।

(চ) স্ট্যান্ডার্ড টাইম (Standard time) এবং জোন টাইম (Zone time)

পূর্বে, পশ্চিম জগতের বড় বড় শহরের প্রত্যেকটিতে স্থানীয় মধ্য-সোলাব সময় অনুসারে কার্যকর পবিচালিত হইত। কিন্তু যোগা-যোগের দ্রুত উন্নতির ফলে একই দেশের ভিতর বিভিন্ন শহরের স্থানীয় সময়ের পবিবর্তে সকলের গ্রহণীয় একটি সাধারণ সময়ের প্রয়োজন হইয়া পড়ে। আবার U S. A -এর মত বড় দেশের সর্বত্র একইরূপ সময় ব্যবহার করা অসম্ভবসাধনীয়। এইজন্য দুই প্রকার সময় স্ট্যান্ডার্ড টাইম (Standard time) এবং জোন টাইম (Zone time)-এর ব্যবহার প্রচলিত হইয়াছে।

(ছ) পৃথিবীর সর্বত্র সময় গণনা এবং আন্তর্জাতিক তারিখ-রেখা (International date line)

আমরা এখন যে স্থানে অবস্থান করিতেছি এই স্থান হইতে পূর্ব-দিকের স্থানসমূহের স্থানীয় সময় আমাদের সময় অপেক্ষা বেশী হইবে এবং সেইরূপ পশ্চিম দিকের স্থানসমূহের স্থানীয় সময় আমাদের সময় অপেক্ষা কম হইবে। অর্থাৎ আমাদের ঢাকার যখন স্থানীয় (মধ্য-সোলাব সময়) সময় বিপ্রহর ১২টা ঠিক সেই মুহূর্তে ১৫° ডিগ্রী পূর্ব দিকের দ্রাঘিমাংশ স্থানের স্থানীয় সময় বেলা ১টা এবং পশ্চিম দিকের ১৫° ডিগ্রী দূরত্বের স্থানের স্থানীয় সময় বেলা ১১টা হইবে। এইরূপে যে-কোন স্থানের তুলনায় পৃথিবীর সর্বত্র স্থানীয় সময় ঐ সকল স্থানের দ্রাঘিমাংশ উপর নির্ভর করিবে। একই দ্রাঘিমাংশ সকল স্থানের স্থানীয় মেবিডিমান একই বলিয়া সকল স্থানেই একই সময় স্থিতিকৃত হইবে। যে-কোন দুইট স্থানের স্থানীয় সময়ের প্রভেদ ঐ দুইট স্থানের দ্রাঘিমাংশ প্রভেদের উপর নির্ভর করে। প্রতি ১° ডিগ্রী

ব্যবধানে সময়েব ব্যবধান ৪ মিনিট হইয়া থাকে। লণ্ডনেব নিকটস্থ গ্রীনউইচ নামক স্থানেব দ্রাঘিমাংকে মূল (0°) ধৰিয়া পূর্ব এবং পশ্চিম দিকে 1° - 15° পর্যন্ত গণনা করা হয় এবং গ্রীনউইচের সময় হইতে অন্তরাত্ম স্থানের সময় গণনা করা হয়। গ্রীনউইচের স্থানীয় সময়কে ‘বিশ্ব সময়’ (Universal time) বলে। ‘নটক্যাল আলম্যানাকে’ এই সময়ের ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

এখন মনে করুন কোনও ভ্রমণকারী গ্রীনউইচ হইতে পূর্ব দিকে বওনা হইলেন। তাঁহার হাতে যে ঘড়ি আছে সেই ঘড়িতে গ্রীনউইচের সময় বাখা হইয়াছে। তাঁহার চলাব পথে প্রতি 15° ডিগ্রী দ্রাঘিমা অতিক্রম করিবাব পৰ তাঁহার ঘড়িৰ সময় ১ ঘণ্টা বৰ্দ্ধিত কৰিতে হইবে। এইরূপে 15° পূর্ব দ্রাঘিমাৰ স্থানে আসিবাব পৰ ঘড়িৰ কাঁটা গ্রীনউইচ সময় অপেক্ষা ১২ ঘণ্টা সামনের দিকে ঘুৰাইয়া দিতে হইবে। এইরূপে একই দিকে চলিতে চলিতে যখন তিনি গ্রীনউইচে ফিবিয়া আসিবেন তখন তিনি দেখিবেন যে, তাঁহার ঘড়ি সামনের দিকে ২৪ ঘণ্টা সময় বৃদ্ধি পাইয়াছে। অর্থাৎ গ্রীনউইচের অন্তরাত্ম লোকেব কাছে যদি ঐ দিন বুধবার হয় তাহা হইলে আমাদের ভ্রমণকারীর নিকট ঐ দিন বুধসপ্তিমবার মনে হইবে। এইরূপ অনুবিধা দূৰ করিবাব জন্ত 15° দ্রাঘিমা বেখাকে আন্তর্জাতিক তারিখ-বেখা (International date line) নাম দিয়া ঐ বেখার স্থানসমূহ অতিক্রম করিবাব পৰ পঞ্জিকাৰ একদিন পরিবর্তন করা হয়। যদি আমরা পূর্ব দিকে বওনা হইয়া তারিখ-বেখা অতিক্রম কবি, তাহা হইলে আমরা পঞ্জিকাতে একদিন পিছাইয়া দিব। সেইরূপ পশ্চিম দিকে বওনা হইয়া ঐ তারিখ-বেখা অতিক্রম করিবাব পৰ একদিন বৃদ্ধি করিব। মনে করুন তারিখ-বেখা অতিক্রম করিবাব সময় তারিখ যদি ১২ই জুন হইয়া থাকে তাহা হইলে পশ্চিম হইতে পূর্বদিকে যাইতে ১ দিন পিছাইয়া ১১ই জুন ধরিয়া লইব।

(জ) সময় নির্ণয় (Measurement of time).

পৃথিবীর উন্নত দেশসমূহেব অভ্যাসভেদবীতে সাধারণ নিয়মানুযায়ী সময় নির্ণয় করা হয়। এইরূপ বিশেষভাবে নির্মিত টেলিগ্রাফ ব্যবহার

কবা হয়। এই টেলিস্কোপের সাহায্যে ঠিক কোন মুহূর্তে একটি নক্ষত্র স্থানীয় মেবিডিয়ান অতিক্রম করিয়াছে তাহা নির্ণয় করা হয়। যেহেতু কথিত সূর্যের (mean sun) অবস্থান অগ্ৰাণ্য নক্ষত্রের অবস্থান হইতে নির্ণয় করা হয়, অতএব কোনও নির্দিষ্ট নক্ষত্রের মেবিডিয়ান অতিক্রমের সময় হইতে আমবা স্থানীয় সময়, মধ্য-সোলাৰ সময় (mean solar time) নির্ণয় করিতে পারি।

সময় নির্ণয়ের গুণ্য সর্বপ্রথম ষোড়শ খ্রীষ্টাব্দে দোলকের আবিষ্কার করা হয়। যেহেতু দোলক নির্দিষ্ট সময়ে দুলিবা থাকে, অতএব দোলকের সাহায্যে নিমিত ঘড়ি নিখুঁতভাবে সময় দিতে সক্ষম। ১৬৫৬ খ্রীষ্টাব্দে হিউগিন্স্ (Huygens) দোলক সম্বন্ধে এক গবেষণামূলক গ্রন্থ বচনা করেন। ইহাব দোলনকাল শুধু মাধ্যাকর্ষণ শক্তি এবং দোলকের দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভরশীল। বিশেষ বস্তু ধাতব পদার্থের সংমিশ্রণ (alloy) করিয়া এক প্রকার দোলক নির্ণয় করা হইয়াছিল। এই মিশ্রণ (alloy) এমনভাবে সংগ্রহ করা হইয়াছিল যেন ইহাব উপর তাপের প্রভাব অত্যন্ত কম হয়।

আজকাল এককপ quartz crystal-এব সাহায্যে সময় নির্ণয় নিখুঁতভাবে করা হয়। এই crystal-এব স্বাভাবিক দোলনকাল (vibration frequency)-এব সাহায্যে বিদ্যুৎ-প্রবাহের frequency স্থির করা হয় এবং ইহাব প্রভাবে বিদ্যুৎ-ঘড়ির সময় নির্ণয় করা হয়। বর্তমান কালে radiation-এব সাহায্যে আবও সুস্পষ্টভাবে সময় নির্ণয় করিবার পদ্ধতি আবিষ্কার করা হইয়াছে।

(ক) পৃথিবীর আবর্তন কালের ব্যতিক্রম (Variations in the Earth's rotation)

সুস্পষ্টভাবে সময় নির্ণয়ের যত আবিষ্কারের ফলে এই সমস্ত বস্তু দ্বারা পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, পৃথিবীর আপন মেরুদণ্ডের চাৰিদিকে ইহাব আবর্তনের গতি সব সময় এককপ থাকে না। পৃথিবীর উপর নৈসর্গিক পরিবর্তন ইহাব গতির ব্যতিক্রম ঘটায়। পৃথিবীর কোন অংশ বৃদ্ধি পাইলে কিংবা কোন অংশ সঙ্কুচিত হইলে ইহাব ফলে আবর্তনগতির তাৎকালিক ঘটিতে পারে। আবার পৃথিবীর একস্থান হইতে অল্পস্থানে

বাতাস বা বরফ স্থানান্তরিত হওয়ায় ফলেও আবর্তনগতিব তাবতম্য হইয়া থাকে। এইসব ছাড়াও সমুদ্রে বিশাল জলবাশির মধ্যে ঘর্ষণের ফল হইয়া থাকে। এই সমস্ত কারণে প্রতি ১শত বৎসবে পৃথিবীর আবর্তনগতি $\frac{1}{365}$ সেকেন্ড কমিয়া আসে।

(এ) এফিমেরিস টাইম (Ephemeris time)

আকাশে নক্ষত্রপুঞ্জের গতিবিধি সম্বন্ধে যথেষ্ট জ্ঞান বৈজ্ঞানিকদের গোচরীভূত হইয়াছে। ফলে তাঁহারা ভবিষ্যতে যে-কোন জ্যোতিষকেব অবস্থান নিখুঁতভাবে বর্ণনা করিতে সক্ষম। এইজন্য জ্যোতিষিদেবা এককপ সময়ের ব্যবহার কবিয়া থাকেন। এই সময়কে এফিমেরিস সময় (ephemeris time) বলে। ১৯০০ খ্রীস্টাব্দে এক মধ্য-সোলাব সময়ের সেকেন্ডের পরিমাণ যতটুকু ছিল, এফিমেরিস সময়ের এক সেকেন্ডের পরিমাণ ততটুকু ধরা হইয়াছে। প্রকৃতপক্ষে ১৯০০ সালের বৎসরের তুলনায় সেকেন্ড (এফিমেরিস) = $\frac{1}{31556925.9747}$ বৎসব। পৃথিবীর আবর্তনকালের তাবতম্যের জন্য এক্ষণে দৃশ্যমান সোলাব-সময় এবং এফিমেরিসের সময়ের পার্থক্য প্রায় ৩০ সেকেন্ডে দাঁড়াইয়াছে।

৪.২. তারিখ (Date of the Year)

পঞ্জিকায যে দিন, মাস এবং বৎসরের ব্যবহার হইয়া থাকে, সেইগুলি পৃথিবীর আর্থিক গতি, চন্দ্রের পৃথিবীর চাৰিদিকে আবর্তন এবং পৃথিবীর বার্ষিক গতির উপর ভিত্তি কবিয়া গণনা করা হয়। কিন্তু পঞ্জিকা তৈয়ারি কবিত্তে অন্ত্রবিধা এই যে, এই তিনকপ গতির সময়কাল পৰস্পরের পূর্ণ বিভাজ্য নহে।

নক্ষত্রের তুলনায় চন্দ্র পৃথিবীর চাৰিদিকে একবার ঘুরিয়া আনিতে ২৭১ দিন গ্রহণ করে। ইহা চন্দ্রের সাইডেবিয়াল মাস। স্বৰ্গকে মূল ধৰিলে চন্দ্র পৃথিবীর চাৰিদিকে প্রায় ২৯৫ দিনে ঘুরিয়া আসে। ইহাকে চন্দ্রের সাইনডিক মাস বলে।

বৎসব সম্বন্ধে বলিতে গেলে বলিতে হয় যে, সাধারণতঃ তিন প্রকারে বৎসবের পৰিচয় পাওয়া যায়। সূর্যের চাৰিদিকে ঘূৰিয়া আসিতে পৃথিবীর ৩৬৫ ২৫৬৪ বা ৩৬৫ দিন ৬ ঘণ্টা ৯ মিনিট ১০ সেকেণ্ড (মধ্য-সোলাৰ) সময় লাগে। ইহাকে সাইডেৰিয়াল বৎসব বলে। আবার 'ভাবনাল ইকুইনক্সেব' তুলনায় পৃথিবীর ৩৬৫-২৪২১৯৯ বা ৩৬৫ দিন ৫ ঘণ্টা ৪৮ মিনিট ৪৬ সেকেণ্ড সময় লাগে। এই সময় ঋতু পৰিবৰ্তনের সহিত সামঞ্জস্য বন্ধা কৰে। ইহাকে ট্ৰপিকাল বৎসব (tropical year) বলে। প্ৰিৱেশন (precession)-এবং ট্ৰপিকাল বৎসব সাইডেৰিয়াল বৎসবের চেয়ে একটু কম। মহাবিশ্বে পৃথিবীর কক্ষপথ অতিশয় ধীৰে আবৰ্তন কৰে। এইজন্য পৃথিবীর পৰ পর দুইবার সূর্যের নিকটতম দূৰত্বে আসিতে ৩৬৫-২৫৯৬ বা ৩৬৫ দিন ৬ ঘণ্টা ১৩ মিনিট ৫৩ সেকেণ্ড সময় অতিবাহিত হয়। এই সময়কে 'বিস্ফাণ্ডি বৎসব' (anomalistic) বৎসব বলে। ইহা সাইডেৰিয়াল বৎসব হইতে একটু বেশী। ইহা পৃথিবীর উপর সৌৰ-জগতে অবস্থিত অন্যান্য গ্রহের আকৰ্ষণাদিৰ ফল।

(ক) সপ্তাহ (Week)

সাত দিনে এক সপ্তাহ গ্রহণ কৰিবাব পৌৰাণিক কাৰণ এই যে, তখনকার দিনে শনি (satur), বৃহস্পতি (jupiter), মঙ্গল (mars), বৰি (sun), শুক্ৰ (venus), বুধ (mercury) এবং সোম (moon)-কে এটি গ্রহ বলিয়া মনে কৰা হইত। পূৰ্বে মনে কৰা হইত যে, দিনেৰ প্ৰতিটি ঘণ্টা এক একটী গ্রহ দ্বাৰা চালিত হইত। এইরূপে শনিবাবের প্ৰথম ঘণ্টা শনিগ্রহ দ্বাৰা প্ৰভাবিত হইত, দ্বিতীয় ঘণ্টা বৃহস্পতি দ্বাৰা, তৃতীয় ঘণ্টা মঙ্গলগ্রহ দ্বাৰা ইত্যাদি ক্ৰমে চালিত হইত। এইরূপে শনিবারের ২৪ ঘণ্টার শেষ ঘণ্টা মঙ্গল গ্রহের প্ৰভাবে আসিত। অতএব পৰদিন বৰিবাবের প্ৰথম ঘণ্টায় বৰি (sun)-এবং প্ৰভাব স্থিৰীকৃত হইত। এইভাবে যে-কোন দিনেৰ নাম ঐ দিনেৰ প্ৰথম ঘণ্টা কোন গ্রহের প্ৰভাবে বহিবে সেই অনুসারে স্থিৰ কৰা হইত।

(খ) পঞ্জিকা (Calendar)

আধুনিক পঞ্জিকার গোড়াপত্তন বোমানরা খ্রীষ্টপূর্ব অষ্টম অন্ধে করেন। প্রথম পঞ্জিকাষ মাত্র ১০টি মাসেব নাম ছিল। খ্রীষ্টপূর্ব প্রথম অন্ধে ১২ মাসেব নাম গ্রহণ করা হয়। এই পঞ্জিকা অনুসারে চান্দ্রমাসের দিন ২৯½ দিন ধরা হইত। পর্যায়ক্রমে এক মাসে ২৯ দিন এবং তাব পবেব মাসে ৩০ দিন ধরা হইত। ইহাব ফলে এক বৎসবেব দৈর্ঘ্য ৩৫৪ দিনে ধরা হইত। কিন্তু ট্রপিক্যাল বৎসবেব দৈর্ঘ্য ৩৬৫½ দিন হওয়ায় এই পঞ্জিকা ব্যবহারে নানা প্রকার অন্ত্রবিধা দেখা দিয়াছিল। প্রতি তিন বৎসবে প্রায় ১ মাসেব প্রভেদ সৃষ্টি হইত। ইহাব সংশোধন মানসে স্থির করা হইত যে, প্রতি তিন বৎসব পব পব ১ বৎসবে ১২ মাসেব পদিবর্তে ১৩ মাস ধবিত্তে হইবে। কিন্তু ধর্মযাজকদেব হাতে এই পঞ্জিকা স্থির করার দাবিষ্কৃত থাকায় নানা বিদ্রোহ সৃষ্টি হইতেছিল। সুবিধামত তাহাবা কোন বৎসরে ১৩ মাস, কোন বৎসবে ১২ মাস ধবিয়া পঞ্জিকা গঠন কবিতেন। অবশেষে খ্রীষ্টপূর্ব ৪৬ অন্ধে জুলিয়াস সিজার পঞ্জিকাব সংস্কার করেন।

(গ) জুলিয়ান ক্যালেন্ডার (Julian Calendar)

আলেকজান্দ্রাণ্ড জ্যোতিষবিদ Sosigenes-এব সাহায্যে সিজার, মিসরীয় ক্যালেন্ডারেব অনুকরণে নিম্ন উপায়ে পঞ্জিকাব সংস্কার সাধন করেন :

- (১) চান্দ্রমাসকে বর্জন কবিয়া বৎসবেব প্রতি মাসেব দৈর্ঘ্য ৩০ দিন কিংবা ৩১ দিন ধরা হইবে। একমাত্র ফেব্রুয়ারী মাসেব দৈর্ঘ্য ২৯ দিন ধরা হইবে।
- (২) পঞ্জিকাব বৎসবেব দৈর্ঘ্য ট্রপিক্যাল বৎসব ৩৬৫½ দিনে ধবিত্তে হইবে। অবশিষ্ট ½ দিন পঞ্জিকাষ ধরা হব নাই। বাহ্য হউক প্রতি ৪ বৎসব পব এক বৎসবকে ৩৬৬ দিনে ধবিত্তে হইবে।
- (৩) প্রতি মাসেব দিন-সংখ্যা ৩০ কিংবা ৩১ হইবে যেন শুভ মাসেব দিন-সংখ্যা ৩১ এবং অশুভ মাসেব দিন-সংখ্যা ৩০ ধরা হয়।

- ফেব্রুয়ারী মাসেব দৈর্ঘ্য ২৯ দিন থাকিবে। জুলিয়াস সিজাবেব যত্নেব পৰ তাঁহাব নামানুসাবে জুলাই মাসেব নামকৰণ কৰা হয়।

সিজাবেব যত্নেব পৰ বোমান সিনেট পঞ্জিকাৰ কিছু বদবদল কৰেন। ঐ সমবে অগাস্টাস (Augustus) সিজাবেব নামানুসাবে আগস্ট মাসেব নামকৰণ হয় এবং আগস্ট মাসে ৩১ দিন ধৰা হয়। পূৰ্বে আগস্ট মাস ৩০ দিনে ধৰা হইত। এই পৰিবৰ্তনেব ফলে ফেব্রুয়ারী মাসেব দিন-সংখ্যা ২৯ হইতে ২৮ দিনে পৰিবৰ্তন কৰা হইযাছে। অবশ্য প্ৰতি চাব বৎসব পৰ ফেব্রুয়ারী মাসে ২৯ দিন ধৰা হয়।

পুৰাতন বোমান পঞ্জিকানুযায়ী ভাবনাল ইকুইনক্স ২৫ শে মাৰ্চ হইতে বহু দূবে সন্ধ্যা পড়াব জুলিয়াস সিজাব ৪৬ খ্ৰীষ্টপূৰ্বাব্দে অতিবিক্ত দিন মাস গ্ৰহণ কৰিযা 'ভাবনাল ইকুইনক্সেব' দিনকে ২৫ শে মাৰ্চ তাৰিখেব সহিত মিলাইযা দেওযা হয়।

(ঘ) গ্ৰেগৰিয়ান ক্যালেন্ডাৰ (Gregorian Calendar)

১৫৮২ খ্ৰীষ্টাব্দে রোমেব পোপ গ্ৰেগৰি পঞ্জিকাৰ সংস্কাৰ সাধন কৰেন। এই সমস্ত সংস্কাৰেব মূলে ধৰ্মীয় কতকগুলি অনুষ্ঠানেব দিন ধাৰ্য কৰা প্ৰধান উদ্দেশ্য ছিল। পোপ গ্ৰেগৰী দুইটি প্ৰযোজনীয় সংস্কাৰ সাধন কৰিযাছিলেন। প্ৰথমতঃ ভাবনাল ইকুইনক্সেব দিন ২৫ শে মাৰ্চ হইতে সবাইযা ২১ শে মাৰ্চ তাৰিখে আনয়ন কৰেন এবং 'লিপইযাব' ধাৰ্য কৰিযাব জন্ত নিষ্পন্ন কৰেন যে, যে শত বৎসব (যেমন ১৬০০, ২০০০) ৪০০ বাবা বিভাজ্য হইবে সেই শত বৎসবকে 'লিপইযাব' ধৰিতে হইবে। এক গ্ৰেগৰী বৎসবেব দিন-সংখ্যা মোট ৩৬৫ ২৪২৫ দিন।

প্ৰশ্নমালা-৪

১। যদি চন্দ্ৰকে সম্বৎ নিৰ্ণয়েব মূলৰূপে ধৰা হয় তাহা হইলে এক চান্দদিন সাইডেবিষাল দিন অপেক্ষা কত বেশী হইবে?

২। সৌৰদিন অপেক্ষা এক বৎসবে কত সাইডেবিষাল দিন আছে?

৩। যদি অশ্ব সংখ্যা ৮ ঘ. ৩০ মি. এর সময় একটি নক্ষত্র আকাশে উদয় হয় তাহা হইলে দুই মাস পরে কোন্ সময় নক্ষত্রটি উদয় হইবে?

৪। প্রমাণ করুন যে, সূর্য্যভ্রমাল অনুযায়ী শীতকালীন দিনের দৈর্ঘ্য, গ্রীষ্মকালীন দিনের দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বড়।

৫। একটি পশ্চিমগামী এ্যারোপ্লেন শূক্রবার দিন 'আন্তর্জাতিক তারিখ-রেখা' রাত্রি ৯-৩০ মিনিটে অতিক্রম করিল। ১০ মিনিট পর ব্যাটার নিকট কোন্ দিন এবং সময় স্থিরীকৃত হইবে?

৬। কোন্ স্থানের ২১ শে সেপ্টেম্বর Orion-এর উদয় কাল ২৩ ঘ. ৩০ মি. (স্থানীয় সময়)। প্রমাণ করুন যে ২১ শে অক্টোবর স্থানীয় সময় ২১ ঘ. ৩০ মি. এবং সাইডেরিভাল সময় ২৩ ঘ. ৩০ মি. এ Orion উদয় হইবে।

৭। যদি একটি নক্ষত্র অশ্ব সংখ্যার ৯ ঘ. ১৫ মি.-এর সময় উদয় হয় তাহা হইলে আগামীকাল্য কখন উহা উদয় হইবে?

পঞ্চম অধ্যায়

আলো এবং টেলিস্কোপ

(LIGHT AND THE TELESCOPE)

৫.১. আলোর প্রকৃতি এবং ধর্ম (Nature & Property of Light)

আলো আমাদের নিকট অতি পবিচিত হওয়া সত্ত্বেও ইহাৰ প্রকৃতি সহজে বুঝিতে পাবা যায় না। প্রকৃতপক্ষে আলো শক্তিৰ (energy) এক প্রকাৰ বিকাশ। যখনই কোন আলোকিত পদার্থ থেকে আলো চাবিদিকে ছড়িইয়া পড়ে তখন সেই আলোৰ সহিত বৈদ্যুতিক এবং চুম্বকশক্তি (electromagnetic energy) চেউষেব আকাৰে বাহিত হয়। সমুদ্রে যেমন ছোট বড় নানা প্রকাৰেব চেউ খেলিয়া বেড়াব, তেমনি আলো চেউষেব আকাৰে মূল উৎস হইতে চাবিদিকে ছড়াইয়া পড়ে। চেউষেব দৈর্ঘ্য আছে। আলোৰ ভিতৰ যে বৈদ্যুতিক এবং চুম্বকশক্তি বিস্তমান উহাৰা নানা প্রকাৰ দৈর্ঘ্যেব চেউ বিশেষ। বিভিন্ন আকাৰেব চেউ সম্বলিত আলো বিভিন্ন প্রকাৰ। যেমন বংখনুতে আমবা বিভিন্ন বং-এব আলো দেখি। ইহাদেব প্রত্যেকেব চেউষেব দৈর্ঘ্য বিভিন্ন। আমবা যে সূৰ্যেব আলো দেখি উহা সকল প্রকাৰ চেউষেব সংমিশ্রণ। X-ray, Infra ray Ultra-violet ray প্রভৃতি আলোকে আমবা চোখে দেখিতে পাই না। নগ্ন চোখে দেখিবার জন্ত যে-আলো, তাহাৰ চেউষেব দৈর্ঘ্য দুইটি সীমাৰ মধ্যে অবস্থিত। এই সীমাৰ উভয় পার্শ্বে যে সমস্ত চেউ আছে তাহাদেব দ্বারা সৃষ্ট আলো আমবা দেখিতে পাই না।

বৈজ্ঞানিকেবা মনে কবেন যে, কোন একটি বিশেষ দৈর্ঘ্যেব চেউ সম্বলিত আলো যখন বিকীর্ণ (radiation) হয় তখন উহা 'ফোটন' (photon) নামক 'বিকীর্ণ শক্তি' (radiant energy) এব কবেরকটি প্যাকেটেব আকাৰে বাহিত হয়। 'ফোটন বিকীর্ণ শক্তি' 'একক' (unit) বিশেষ। আধুনিক বৈজ্ঞানিকদেব মতে আলো একই সময়ে 'চেউ' (wave) এবং 'ফোটনেব' প্যাকেটরূপে বর্ণনা কবা যাইতে পারে।

(ক) আলোর সরলরেখায় গমন

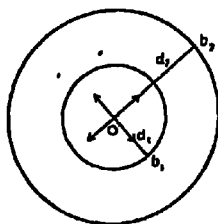
আলো মহাশূন্যে (empty space.) সরল রেখায় বাহিত হয়। ইহাব চলিবার পথে আলো 'প্রতিফলন' (reflection), 'প্রতিসরণ' (refraction) এবং 'diffraction' দ্বারা গতি পবিবর্তন করিতে পারে।

বিপরীত বর্গ নিয়ম (Inverse Square Law)

আলো ইহাব গতিপথে 'বিপরীত বর্গ নিয়ম' পালন করে। যদি আলো কোন নির্দিষ্ট উৎস ০ হইতে আসে তাহা হইলে কোন নির্দিষ্ট (দূরত্ব d) স্থানে যে পরিমাণ আলো পতিত হইবে তাহা d -ব্যাসার্ধ-যুক্ত গোলকের উপর প্রতি বর্গ ইঞ্চি স্থানের উপর পতিত আলোব পরিমাণের উপর নির্ভর করিবে। কারণ, কোন নির্দিষ্ট সময়ে উৎস হইতে নির্দিষ্ট পরিমাণ আলো বিকীর্ণ হয় এবং চাষিদিকে ছড়াইয়া পড়ে। যতই দূরে যায় ততই ইহা বৃহত্তর এলাকায় ছড়াইয়া পড়ে। অতএব, যখন এই আলো উৎস হইতে d ইঞ্চি দূরে ছড়াইয়া পড়ে তখন ইহা $4\pi d^2$ (গোলকের তলের ক্ষেত্রফল) এলাকায় উপর বিস্তৃত হয়। অতএব, যদি কোন সময়ে 'বিকীর্ণ-শক্তি' (radiated energy)-এর পরিমাণ E হয় তাহা হইলে যখন এই শক্তি আলোব আকারে d ইঞ্চি দূরে বিস্তৃত হয় তখন প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে এই আলোব শক্তির পরিমাণ হইবে $\frac{E}{4\pi d^2}$ । অতএব, প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে আলোব পরিমাণ 'বিপরীত বর্গ নিয়ম' ক্রমিতে থাকে। ইহাব অর্থ এই যে, উৎস হইতে d_1 -এবং d_2 দূরত্বে অবস্থিত দুইটি টেলিস্কোপে পতিত আলোর পরিমাণ যথাক্রমে b_1 এবং b_2 হইলে

$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{4\pi d_2^2}{4\pi d_1^2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

এই সম্বন্ধকে 'বিপরীত বর্গ নিয়ম' (Inverse square law) বলে।
(চিত্র দেখুন)।



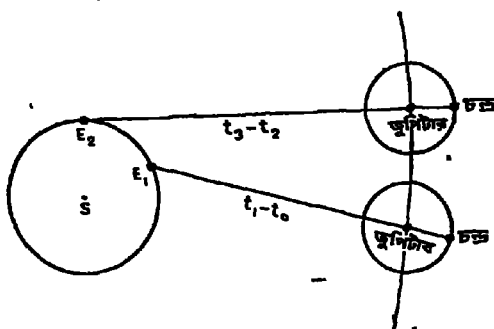
(খ) আলোর গতি (Speed of Light)

আলো প্রতি সেকেন্ডে মহাশূন্যে 2.997925×10^{10} সে. মি. অথবা ১৮৬,০০০ মাইল বেগে বাহিত হয়। বৈজ্ঞানিকদের মতে আলোর এই গতি অপেক্ষা অধিক কোন পদার্থের গতিবেগ অধিকতর সম্ভব নহে। আইনস্টাইনের ‘আপেক্ষিক তত্ত্ব’ (Theory of Relativity)-এর মূলে এই সিদ্ধান্ত গ্রহণ করা হইয়াছে।

আলোর গতিবেগ নির্ণয় (Velocity of Light)

(১) ১৬৭৫ খ্রীস্টাব্দে ডেনমার্কের জ্যোতিষবিদ Ole Roemer সর্ব প্রথম আলোর গতিবেগ নির্ণয় করেন। তিনি জুপিটার (Jupiter বা বৃহস্পতি গ্রহ) গ্রহের চন্দ্রগ্রহণের (eclipse) সময় হইতে আলোর গতিবেগ নির্ণয় করেন।

মনে করুন, জুপিটারের একটি চন্দ্র কোন নির্দিষ্ট সময় t_0 এ জুপিটারের ছায়ায় প্রবেশ করায় চন্দ্রগ্রহণ দেখা গেল। জুপিটার হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে কিছু সময় অতিবাহিত হয় বলিয়া মনে করুন t_1 সময়ে আমরা পৃথিবীতে ঐ চন্দ্রগ্রহণ লক্ষ্য করিলাম। অতএব চন্দ্রগ্রহণের মুহূর্ত হইতে $t_1 - t_0$ সময়ের পর আমরা চন্দ্রগ্রহণ লক্ষ্য করিব। আলো এই $t_1 - t_0$ সময়ে জুপিটার হইতে পৃথিবীতে আসিবে। এই মুহূর্তে মনে করুন পৃথিবী উহা কক্ষপথে E_1 নামক স্থানে অবস্থান করিতেছে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।



ইহাব পৰ জুপিটাৰেৰ চন্দ্ৰ জুপিটাৰেৰ চাৰিদিকে একবাব ঘূৰিষা আসিবাৰ পৰ আবাৰ যখন চন্দ্ৰগ্ৰহণ সৃষ্টি কৰিবে তখন পৃথিবী আপন কক্ষপথে E_2 নামক স্থানে সন্নিবিষ্ট হইবে। মনে কৰুন বিত্তীয়বাৰ, চন্দ্ৰগ্ৰহণেৰ সময় t_2 এবং পৃথিবীতে উহা লক্ষ্য কৰিবার সময় t_3 । অতএব, জুপিটাৰ হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে $t_3 - t_2$ সময় লাগিবে। অতএব, পৃথিবীতে পৰ পৰ চন্দ্ৰগ্ৰহণেৰ সময়ৰ বাৰবান $t_3 - t_1$ কিন্তু পৰ পৰ চন্দ্ৰগ্ৰহণেৰ সময়ৰ প্রকৃত বাৰবান $t_2 - t_0$ । দেখা যায় যে, $t_2 - t_0$ সময় অপেক্ষা $t_3 - t_1$ সময় কিছুটা বেশী। ইহাব কাৰণ এই যে, পৃথিবী হইতে জুপিটাৰেৰ দূৰত্ব ইতিমধ্যে বৃদ্ধি পাইযাছে এবং এই অতিবিক্ত দূৰত্ব ভ্রমণ কৰিতে আলোৰ $(t_3 - t_1) - (t_2 - t_0)$ সময় লাগিযাছে।

পৰীক্ষা দ্বাৰা দেখা গিয়াছে যে, পৃথিবীৰ কক্ষপথেৰ ব্যাসেৰ সমান দূৰত্ব অতিক্রম কৰিতে আলোৰ ১৬½ মিনিট সময় প্রয়োজন হয়। কিন্তু পৃথিবী এক বৎসবে πd (d =ব্যাস) দূৰত্ব অতিক্রম করে। অতএব পৃথিবী d দূৰত্ব $\frac{1}{\pi}$ বৎসবে অতিক্রম করে। ইহা আলো অপেক্ষা ১০,০০০ গুণ সময় বেশী। অতএব দেখা যায় যে, আলো পৃথিবীৰ গতিবেগ অপেক্ষা ১০,০০০ গুণ বেশী দ্রুত বেগে ধাবিত হয়। আবাৰ দেখা গিয়াছে যে, পৃথিবী প্রতি সেকেন্ডে ১৮½ মাইল বেগে কক্ষপথে ভ্রমণ কৰে। অতএব আলোৰ গতিবেগ ১৮½ মাইল \times ১০,০০০ মাইল, অর্থাৎ প্রায় ১৮৬,০০০ মাইল/সেকেন্ড।

(২) ১৮৪৯ খ্রীষ্টাব্দে ফরাসী বৈজ্ঞানিক ফিজো (Fizeau) ল্যাব-বেট্টেৰীতে আলোৰ গতিবেগ নির্ণয়েৰ এক পন্থা আবিষ্কার কৰেন। তিনি আলোৰ রশ্মিকে দুৱে একটি আবশিতে (mirror) প্রতিফলন কৰেন। কিন্তু আলো আবশিতে পৌঁছিবাৰ পূৰ্বে পথে একটি দাঁত-ওয়ালা হইলেব (toothed wheel) মধ্য দিয়া অতিক্রম কৰে। যদি হইলটি স্থিৰ থাকে তাহা হইলে প্রতিফলিত রশ্মি হইলেব যে দুইটি দাঁতেৰ মধ্যস্থ ফাঁক দিয়া আবশিতে পড়িবে ঠিক সেই পথেই ফিৰিবা আসিবে। কিন্তু যদি হইলকে দ্রুতবেগে ঘূৰানো হয় তাহা হইলে

যখন প্রতিফলিত বশ্মি হইলে ফিবিয়া আসিবে তখন উহাব গতিপথে একটী দাঁত আসিয়া বাধা দিবে এবং আলো হইল অতিক্রম কবিতো পাবিবে না। ফিজোব কাৰ্ঘ হইল হইলকে এমনভাবে ঘূৰানো যেন প্রতিফলিত আলো হইল অতিক্রম কবিতো না পাবে। হইলেব গতি হইতে ইহা সহজেই নিৰ্ণয় করা যায়, একটী দাঁতকে আলোব পথে আসিতে কত সময় লাগিবে? এই সময়ে আলো হইল হইতে আবশি এবং আবশি হইতে হইলে আসিবে। ফিজোব পৰীক্ষায় আবশিকে হইল হইতে ৫ মাইল দূবে বাধা হইয়াছিল। এইভাবে ফিজো যে গতিবেগ নিৰ্ণয় কবেন উহা Roamer-এব নিৰ্ণীত গতিবেগ হইতে শতকরা ৪ ভাগের মধ্যে পাওবা গিয়াছিল।

আধুনিক কালে আলোব গতিবেগ নিৰ্ণয়েব জন্ত অত্যন্ত সূক্ষ্ম পদ্ধতি আবিষ্কাব করা হইয়াছে এবং ইহাব ফলে জানা গিয়াছে যে, আলোব গতি প্রতি সেকেন্ডে ২৯৯,৭৯০ কিলোমিটাৰ।

(গ) নানা প্রকাবের বৈদ্যুতিক এবং চুম্বকশক্তি (Electromagnetic energy)

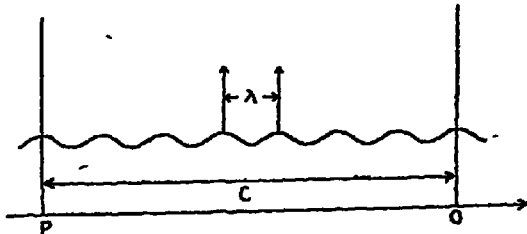
সর্বপ্রকার বৈদ্যুতিক এবং চুম্বক-শক্তিৰ মধ্যে একটী সাধাবণ বৈশিষ্ট্য দেখা যায়। ইহাদেব সকলেবই গতিবেগ একইরূপ এবং ইহাবা সকলেই ডেউয়েব আকাবে প্রবাহিত হয়। যেমন, বেডিও ডেউগুলিৰ দৈৰ্ঘ্য সৰ্বাপেক্ষা অধিক হইয়া থাকে। টেলিভিশনেব ডেউগুলিৰ দৈৰ্ঘ্য কয়েক ইঞ্চি হইতে কয়েক গজ পৰ্যন্ত হইতে পাবে। তাপ এক প্রকাব শক্তিৰ বিকাশ। ইহাব ডেউয়েব দৈৰ্ঘ্য খুব কম। যে বৈদ্যুতিক এবং চুম্বক-শক্তিৰ ডেউয়েব দৈৰ্ঘ্য ০ ০০০০.৬ হইতে ০ ০০০০২৮ ইঞ্চিৰ মধ্যে অবস্থিত সেই সমস্ত শক্তি দৃশ্যমান আলোব অন্তৰ্ভুক্ত। আলোব ডেউয়েব দৈৰ্ঘ্য Augstrom এককেব সাহায্যে প্রকাশ কব হয়। এক Augstrom $A = \frac{1}{100,000,000}$ স মি অভএব আলোব দৈৰ্ঘ্য = $8000A^\circ$ হইতে $4000A^\circ$ এককেব মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। কোন বিশেষ দৈৰ্ঘ্যেব আলো ইহাব রং নিদিষ্ট কবে। $8000A^\circ$ হইতে $84.0A^\circ$ দৈৰ্ঘ্যেব

চেউে বাবা 'violet' বা বেঙুনী বং নির্দেশ কবে। ইহা অপেক্ষা অধিক দৈর্ঘ্যের চেউগুলি যথাক্রমে নীল, সবুজ, হলুদ, কমলা এবং লাল বং নির্দেশ কবে। সূর্য হইতে আগত আলোর মধ্যে এটি বং-এব সমাবেশ দেখা বাব। 8000\AA অপেক্ষা কম চেউবেব আলোকে 'Ultra-violet' রশ্মি বলে। সেইকপ X-ray-এব চেউবেব দৈর্ঘ্য ইহা অপেক্ষাও কম। Ultra-violet রশ্মি এবং X-ray ফটোগ্রাফীর সাহায্যে দেখা বাব।

(ঘ) চেউয়ের দৈর্ঘ্য, আলোর গতি এবং দোলন-কাল (Time period)-এর সম্বন্ধ

সমুদ্রে যেমন চেউ দেখা বাব, আলো ঐকপ চেউবেব আকাবে চাবিদিকে ছড়াইবা পড়ে। সমুদ্রে যেমন এক খণ্ড কাঠকে খাড়াভাবে উঠানামা করিতে দেখা বাব, তেমনি আলোব চেউ খাড়াভাবে উঠানামা কবিবা থাকে (transverse waves)। আলো কোন বস্তব মাধ্যমে প্রবাহিত হব না। অস্ত্র পক্ষে শব্দ বাতাসেব সাহায্যে প্রবাহিত হব। বাতাস না থাকিলে শব্দ মোটেই প্রবাহিত হব না। যখন শব্দ কোন উৎস হইতে আমাদেব কর্ণে পৌঁছে তখন যে পথে শব্দ আসে সেই দিকে বাতাস দোলে (vibration)। অতএব শব্দবাহী বাতাস দৈর্ঘ্যেব দিকে (longitudinally) দুলিতে থাকে।

যখনই কোন শক্তি (energy) চেউবেব আকারে একস্থান হইতে অস্ত্রস্থানে প্রবাহিত হব তখনই আসবা চেউয়ের দৈর্ঘ্য (wave length) এবং দোলনসংখ্যা (frequency)-এব মধ্যে একটা সম্বন্ধ নির্ণব কবিতে



পাবি। দোলন-সংখ্যা বা frequency বলিতে প্রতি সেকেন্ডে কোন বিন্দুব মধ্যে দিবা কতগুলি চেউ অতিক্রম করে- সেই চেউ-সংখ্যা বুঝাব।

মনে করুন O বিন্দু ব মধ্য দিয়া এক লম্বা টেউষের বহুব ডান দিকে প্রবাহিত হইতেছে (পূর্ব পৃষ্ঠাব চিত্র দেখুন)। মনে করুন এই টেউষের গতি C সে. মি./সেকেন্ড।

মনে করুন P হইতে O -এব দূরত্ব C সে. মি.। অতএব যে-কোন মুহূর্তে যদি কোন টেউ P বিন্দু অতিক্রম করে তাহা হইলে এক সেকেন্ড পরে ইহা O বিন্দুতে আসিবার পৌঁছাবে। এখন এই এক সেকেন্ডে P এবং O -এব মধ্যে যতগুলি টেউ পাওয়া যাইবে- তাহাদের সংখ্যা যদি f হয়, তাহা হইলে f টেউয়ের দোলন-সংখ্যা নির্ণয় কবিবে। প্রত্যেক টেউয়ের দৈর্ঘ্য λ সে. মি. হইলে আমরা দেখিতেছি যে,

$$C = f \times \lambda \quad (১)$$

(৬) ফোটনের শক্তি (Energy of Photons)

আধুনিক Quantum তত্ত্বের মতানুযায়ী প্রত্যেকটি 'ফোটন' কিছুটা শক্তি বহন করে। এই শক্তির পরিমাণ সংশ্লিষ্ট টেউয়ের দোলন-সংখ্যার উপর। দোলন সংখ্যা f হইলে, শক্তি (Energy) E -এর মান হইবে,

$$E = h \times f \quad (২)$$

যেখানে $h = ৬.৬২৫২ \times ১০^{-২৭}$ erg-কে Planck সংখ্যা বলে। (১)

এবং (২) হইতে সহজেই আমরা পাই,

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (৩)$$

বেগুনী (violet) এবং নীল (blue) বর্ণ-এব ফোটনের শক্তি, লাল (red) বর্ণ-এব ফোটনের শক্তি অপেক্ষা অধিক।

৫২. আলোর জ্যামিতীয় নিয়ম

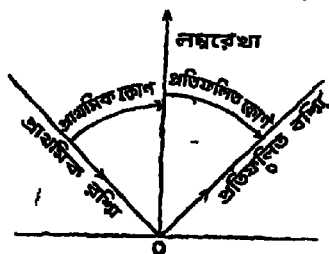
টেলিস্কোপে ব্যবহারের জন্ত আলোর তিনটি গুণ আমাদের কাজে আসিবে। এই গুণ তিনটি হইল প্রতিফলন (reflection) নিয়ম, প্রতিসরণ (refraction) নিয়ম এবং বিচ্ছিন্ন (dispersion) নিয়ম।

(ক) প্রতিফলন নিয়ম (Law of Reflection)

আলো যে নিয়মে একটি মসৃণ তল (surface) হইতে প্রতিফলিত হয় সেই নিয়মকে 'প্রতিফলন নিয়ম' (law of reflection) বলে। একটি তলের উপবিশ্ব যে কোন একটি বিন্দুতে খাড়াভাবে একটা রেখা (perpendicular line) টানিলে ঐ রেখাকে (normal) বা লম্বরেখা বলে। আলোব রশ্মি তলের উপর (upon the surface) পতিত হইয়া লম্বরেখার সহিত-যে কোণ (angle) উৎপন্ন করিবে সে কোণকে 'প্রাথমিক কোণ' (angle of incidence) বলে। প্রতিফলিত হইয়া আলোর রশ্মিটি লম্বরেখার সহিত যে কোণ করিষা তল হইতে ফিবিয়া আসে সেই কোণকে 'প্রতিফলন কোণ' (angle of reflection) বলে। প্রতিফলনের নিয়মানুসারে 'প্রাথমিক কোণ' এবং 'প্রতিফলন কোণ'-এব পবিমাণ একই হইবে এবং রশ্মি দুইটি একই সমতলে অবস্থিত থাকিবে

(পাশের চিত্র দেখুন)।

লক্ষ্য করুন যে যদি আলোব রশ্মি খাড়াভাবে তলের উপর পতিত হয় তাহা হইলে খাড়াভাবেই ইহা ফিবিয়া আসিবে।

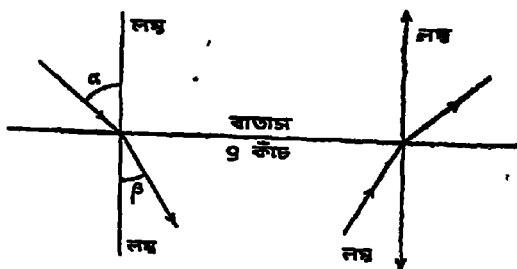


চিত্র—প্রতিফলন নিয়ম

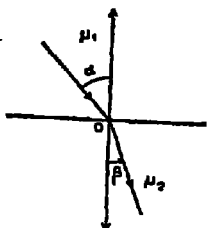
(খ) প্রতিসরণ নিয়ম (Law of Refraction)

আলো যখন এক প্রকার স্বচ্ছ পদার্থের মাধ্যম হইতে অন্য প্রকার স্বচ্ছ পদার্থের মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন ইহা দিক পবিবর্তন কবে। গতিপথে যখনই আলো দুইটি অসমান ঘনত্বের সীমাবেখায় আসে তখনই সীমাবেখা অভিক্রম করিবার সময় লম্বরেখা হইতে একটি বৃহত্তর কোণে কিংবা লম্বরেখার সহিত ক্ষুদ্রতর কোণে সীমাবেখা হইতে নির্গত হয়। যে-কোন স্বচ্ছ পদার্থের (কাচ, পানি ইত্যাদি) 'প্রতিসরণ সূচক' (index of refraction) দ্বারা ইহার আলোব সহিত সম্পর্ক নির্ধারণ করা হয়। মহাশূন্য (vacuum) এবং স্বচ্ছ পদার্থে যথাক্রমে আলোব গতি নির্ণয়

কবিষা উহাদের অনুপাত লইলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় সেই সংখ্যাকে ঐ স্বচ্ছ পদার্থের 'প্রতিসরণ সূচক' (index of refraction) বলে। বস্তু যত বেশী ঘন হইবে তাহাব প্রতিসরণ সূচক ততই বেশী হইবে। বাতাস অপেক্ষা কাচের প্রতিসরণ সূচক বেশী। আলো একরূপ পদার্থ হইতে অপরূপ পদার্থের ভিতর প্রবেশ করিবার সময় কিছুটা বাঁকিয়া যায় (bending of beam)। হাক্স পদার্থের মধ্য হইতে ঘন পদার্থের মধ্যে প্রবেশ করিবার সময় আলোব রশ্মি লম্ববোখাব দিকে বাঁকিয়া যায়। একইরূপে, ঘন পদার্থ হইতে হাক্স পদার্থের মধ্যে প্রবেশ করিবার সময় আলোব রশ্মি লম্ববোখা হইতে দূরে বাঁকিয়া যায় (নিম্নের চিত্র দেখুন)।



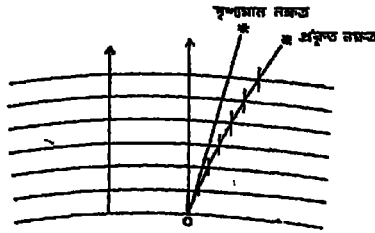
নিম্নের চিত্রে মনে করুন আলোব রশ্মি এক পদার্থ হইতে অপর পদার্থের ভিতর প্রবেশ করিবার সময় লম্ববোখাব সহিত α কোণ উৎপন্ন করিল এবং দ্বিতীয় পদার্থের ভিতর প্রবেশ করিবার পর লম্ববোখাব সহিত β কোণ উৎপন্ন করিল। মনে করুন μ_1 এবং μ_2 যথাক্রমে উহাদের প্রতিসরণ-সূচক (চিত্র দেখুন)।



Snell এর নিয়মানুসারে, $\mu_1 \sin \alpha = \mu_2 \sin \beta$

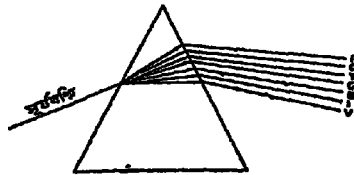
পৃথিবীর উপবিস্তৃত বায়ুমণ্ডলের সর্বত্র বাতাস সমানভাবে ঘন নহে। প্রকৃতপক্ষে ভূ-পৃষ্ঠের নিকটতম স্তরের বাতাস সর্বাপেক্ষা ঘন। তাবপব যতই উপরের দিকে যাওয়া যায় ততই বাতাস অপেক্ষাকৃত হাক্স মনে হইবে। বায়ুমণ্ডলস্থ বাতাসের এই অসমান ঘনত্বের জগ্ন স্বর্ষ হইতে আগত আলোক রশ্মি

বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়া চলিবাব সময় অবিবত বাঁকিয়া যায়। ইহাব ফলে আমবা কোন নক্ষত্রকে ইহার প্রকৃত দিকেব (direction) পবিবর্তে অপেক্ষাকৃত অধিকতব উচ্চতাব দেখিতে পাই (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

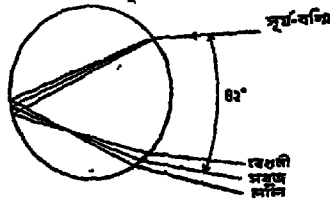


(গ) বিচ্ছেদ নিয়ম (Law of Dispersion)

এই নিয়মানুসারে সূর্যেব আলোব মধ্যস্থ বিভিন্ন দৈর্ঘ্যেব আলো পবস্পব বিচ্ছিন্ন হইয়া স্বকীয়ভাবে প্রকাশিত হইয়া বিভিন্ন বং-এব আলো সৃষ্টি কবে। সাধারণতঃ আলোর বস্মি যখন কাচেব প্রিজমেব মধ্য দিয়া যাব তখন এই বিচ্ছেদ প্রক্রিয়া ঘটে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।



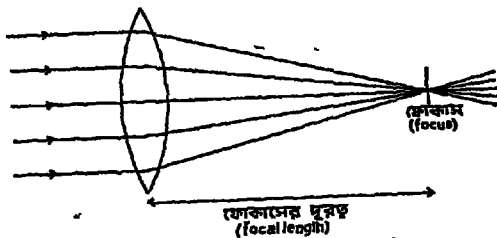
সূর্যবস্মির বিচ্ছেদ-নিয়মেব প্রমাণ আমবা বংখনুতে দেখিতে পাই। বৃষ্টি-বিন্দুগুলিব-প্রত্যেকে এক একট প্রিজমের কাজ কবিয়া থাকে। সূর্যেব আলো বৃষ্টি-বিন্দুব উপব পতিত হইয়া প্রতিসরণেব ফলে বাঁকিয়া যাব এবং বিচ্ছিন্ন হয়। ইহাব পব বৃষ্টি-বিন্দু হইতে বাহিব হইয়া আসিবাব সময় পুনবাব সূর্যবস্মি বাঁকিয়া যাব। নীল এবং বেগুনী বং-এব আলো প্রতিসরণ দ্বাবা সবচেয়ে বেশী প্রভাবাধিত হয়। সূর্যবস্মি বৃষ্টি-বিন্দুব যে 'দিকে প্রবেশ কবে সেই দিকেই আবাব বাহিব হইয়া আসে (পব পৃষ্ঠার চিত্র দেখুন)।



সাধারণতঃ আলো ষষ্টি-বিন্দু হইতে প্রায় 82° কোণে বাহিৰ হইয়া আসে। অবশ্যই সূৰ্য যে দিকে থাকে তাহাব উল্টা দিকে বংধনু দেখা যায়। সূৰ্য এবং চন্দ্ৰের চাবিদিকে সময় সময় আংটিব মত ব্লকিন হ্যালো (halo) দেখা যায়। ইহা প্রতিসৰণেৰ ফলে হইয়া থাকে।

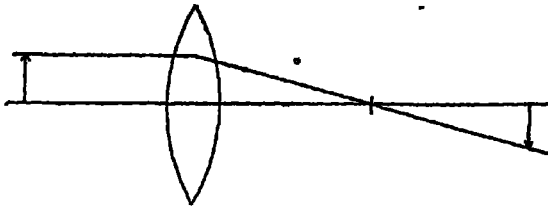
৫.৩ লেন্সের সাহায্যে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি (Formation of image by a lens)

প্রতিফলন এবং প্রতিসৰণ নিৰ্ম্মেৰ সাহায্যে আমবা যাবতীৰ লেন্সেৰ দ্বাৰা সৃষ্ট প্রতিবিম্বের রূপ নিৰ্ণয় কৰিতে পাৰি। প্রথমে আমবা একট কন্ভেক্স লেন্সেৰ সাহায্যে প্রতিবিম্বের রূপ বৰ্ণনা কৰিব। নিম্নের চিত্রে একট কন্ভেক্স লেন্স (convex lens) প্রদৰ্শিত হইল।



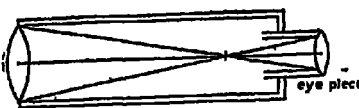
মনে কৰন দূৰবর্তী কোন নক্ষত্র হইতে আলোৰ বস্তুসমূহ সমান্ত-বালভাবে আসিবা লেন্সেৰ উপৰ পতিত হইল। কন্ভেক্স লেন্স মধ্যখানে পুৰ এবং প্রান্তেৰ দিকে গাতলা হইয়া থাকে। সমান্তবাল বস্তুসমূহ প্রতিসৰণের প্রভাবে লেন্স হইতে বাহিৰ হইয়া একট বিন্দুতে (ফোকাস) মিলিত হয় এবং নক্ষত্রের প্রতিবিম্ব (image) সৃষ্টি

করে। এই বিন্দুকে লেন্সের ফোকাস (focus) বলে। লেন্সের মধ্যাংশে হইতে এই বিন্দুর দূরত্বকে ফোকাসের দূরত্ব বা ফোকাস-দূরত্ব (focus length) বলে। একটি লেন্স বা ঐ জাতীয় কোন যন্ত্র (device)-কে objective বলে। ইহার সাহায্যে দূরবর্তী কোন নক্ষত্র বা জ্যোতিষ্কের প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করা হয়। আমরা লক্ষ্য করিযাছি যে, দূরবর্তী নক্ষত্রের প্রতিবিম্ব শুধুমাত্র একটি বিন্দু বিশেষ। অপেক্ষাকৃত নিকটবর্তী জ্যোতিষ্কের প্রতিবিম্ব আমরা অনুকূপ পদ্ধতিতে পাইতে পারি। মনে করুন চন্দ্র হইতে আলো আসিবা একটি লেন্সে পতিত হইতেছে। এখানে চন্দ্রের বিভিন্ন অংশ হইতে সমান্তরাল আলো আসিবা লেন্সের উপর পতিত হয় এবং উহার অপব পার্শ্বে বিভিন্ন অংশের প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। আমরা যদি লেন্সের ফোকাসের বাহিবে একটি কার্ড বা সাদা কাগজ লেন্সের সমান্তরালে ধরিবা বাখি তাহা হইলে আমরা চন্দ্রের প্রতিবিম্ব পাইব (নিম্নের চিত্র দেখুন)।



৫.৪. (ক) প্রতিসরণ টেলিস্কোপ (Refracting telescope)

একটি সাধারণ টেলিস্কোপে দুইটি কন্ভেক্স লেন্স থাকে। লেন্স দুইটি একটি টিউবে এমনভাবে বসানো হয় যে উহাদের মধ্যে দূরত্ব উভয়ের ফোকাল দূরত্বের যোগফলের সমান (চিত্র দেখুন)।



লেন্স দুইটির মধ্যে একটি অপেক্ষাকৃত বড়। ইহাকে objective বলে এবং ইহাতে আকাশে দূরবর্তী নক্ষত্রের আলো আসিবা পতিত

হয়। Objective-এর ফোকাল দূরত্ব অপেক্ষাকৃত বড় লওয়া হয়। নক্ষত্র হইতে আলো আসিবা objective-এ পতিত হইবা ইহার

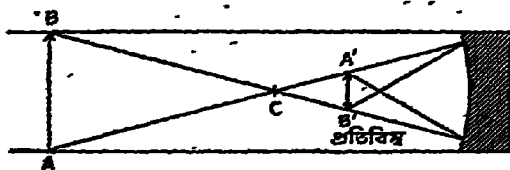
ফোকাসে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। দ্বিতীয় লেন্সকে Eye piece বলে। Objective লেন্স দ্বারা সৃষ্ট প্রতিবিম্বকে আমরা উল্টাভাবে দেখিতে পাই। এই প্রতিবিম্বকে আমরা যখন eye piece-এর সাহায্যে দেখি তখন প্রতিবিম্বকে বড় আকারে দেখিতে সক্ষম হই। Eye piece-টি একটি ছোট টিউবের ভিতর সংযুক্ত থাকে এবং এই ছোট টিউবকে বড় টিউব বরাবর টানা যায়। ইহাতে eye piece-কে সুবিধামত স্থানে টানিয়া প্রতিবিম্বকে অপেক্ষাকৃত স্পষ্ট এবং বড় আকারে দেখা যাইতে পারে।

যখন ক্রমশঃ বড় বড় টেলিস্কোপ তৈর্য্য কৰা হইল তখন দেখা গেল যে প্রতিবিম্বগুলি বড় হয় সত্য কিন্তু তাহাৰা সেই সঙ্গে ঝাপসা হইয়া যায় এবং শুধু তাহাই নহে আলো বিচ্ছিন্ন (dispersion) হওযাব ফলে প্রতিবিম্বগুলি বিকৃত হইয়া যায়। আধুনিক কালে নানা প্রকাৰ উপায় উদ্ভাবনের ফলে এই সমস্ত অসুবিধা দূৰ কৰা হইয়াছে। বিভিন্ন বক্রতা বিশিষ্ট এবং বিভিন্ন প্রকাৰ কাচ দ্বারা তৈর্য্যবী লেন্সের সাহায্যে বৰ্তমান কালে পৰিষ্কাৰ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি কৰা সম্ভব হইয়াছে। প্রতিসৰণ টেলিস্কোপের সাহায্যে আকাশের বিভিন্ন এলাকার ফটোগ্রাফ গ্রহণ কৰা সম্ভব। একটি টেলিস্কোপের aperture বলিতে object লেন্সের ব্যাসকে বুঝায়। Object লেন্সের ব্যাস যত বড় হইবে টেলিস্কোপের দৈৰ্ঘ্যও তত বড় হইবে। সাধাৰণ প্রতিসৰণ টেলিস্কোপে aperture এবং ফোকাস দৈৰ্ঘ্যের অনুপাত সাধাৰণতঃ ১ : ১৫ অর্থাৎ যে টেলিস্কোপের aperture ১২ ইঞ্চি সেই টেলিস্কোপের দৈৰ্ঘ্য ১৫ ফুট হইবে।

(খ) প্রতিফলন টেলিস্কোপ (Reflecting telescopes)

যদি সুবিধামত একটি বাঁকা আয়ত্মি (curved mirror) লওয়া যায় তাহা হইলে আমবা দূরবর্তী নক্ষত্রের প্রতিবিম্ব পাইতে পারি। পৰ-পৃষ্ঠার চিত্রে একটি concave mirror বা চন্দ্রাকৃতি বক্র আয়ত্মি দেখানো হইয়াছে।

এই আরশির সাহায্যে AB বস্তু হইতে আলো আরশিতে প্রতিফলিত হইয়া A'B' প্রতিবিম্ব সৃষ্ট হইবে। অনেক টেলিস্কোপের object-কে



লেন্স না লইয়া আরশি লওয়া হয়। এইরূপ টেলিস্কোপকে প্রতিফলনশীল বা প্রতিফলন-টেলিস্কোপ (Reflecting telescope) বলে। এই টেলিস্কোপে প্যারাভোলাকৃতির আরশিকে object-রূপে ব্যবহার করা হয়। নক্ষত্র হইতে আগত আলো আরশি দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া টিউবের দ্বাখ্যস্লে প্রতিবিম্ব সৃষ্ট করে। এই প্রতিবিম্বকে আর একটি আরশি দ্বারা প্রতিফলিত করা হয়।

(গ) টেলিস্কোপের সংস্থাপন (Mounting of telescopes)

আকাশে জ্যোতিষ্কের গতিপথ দেখিবার জন্য টেলিস্কোপকে এমন ভাবে সংস্থাপন করা হয় যেন তাকে দুইটি অক্ষরেখার (axis)-কে অবলম্বন করিয়া আবর্তন করা যাব। পৃথিবীর অক্ষরেখাকে Polar axis বা মেরুরেখা বলে। এই মেরুরেখা সর্বদা জ্বল নক্ষত্রের দিকে স্থির থাকিবে। অতএব কোন স্থানের অক্ষাংশের (latitude) জ্ঞান হইতে আমরা সহজে মেরুরেখার অবস্থান নির্ণয় করিতে পারি। যদি আমরা এই মেরুরেখাকে অবলম্বন করিয়া উহার চারিদিকে টেলিস্কোপকে আবর্তন করি তাহা হইলে ইহা মহাবিষুবের সমান্তরাল এক মহাস্থলের সদৃশ থাকিবে। এই অবস্থার টেলিস্কোপ যে-কোন নক্ষত্রের গতিপথে থাকিবে।

আবার মেরুরেখার সহিত লম্বভাবে নতিরেখা (declination axis) অবস্থিত। আমরা যদি এই নতিরেখার চারিদিকে টেলিস্কোপ আবর্তন করি তাহা হইলে ইহা একটি কাল-স্থলে (hour circle) আবর্তন করিবে।

প্রত্যেক অক্ষের সহিত একটি কোণ মাপিবাব যন্ত্র সংযুক্ত কৰা থাকে । ইহাদেব সাহায্যে কৌণিক-কাল (hour angle) এবং বাইচ অ্যাসেন-শান মাপা যায় ।

প্রশ্নমালা—৫

১। একটি নক্ষত্ৰেব উজ্জলতার স্বক্তি বা ক্ষয় কিঞ্চপ হইবে যদি ইহাকে
দ্বিগুণ দূৰত্বে লওয়া হয় ,
দশগুণ দূৰত্বে লওয়া হয় ;
অৰ্থেক দূৰত্বে আনা যায় ।

২। প্রতিসৰ্গেব ফলে সূৰ্যোদয়েব পূৰ্বেই সূৰ্যকে দেখা যায় এবং তেমনি সূৰ্যাস্তেব পৰেও সূৰ্যকে দেখা যায় । বায়ুমণ্ডলে প্রতিসৰ্গেব ফলে একটি দিনেব দৈৰ্ঘ্য কতটা স্বক্তি পাইয়া থাকে ?

৩। ২০০ ইঞ্চি ব্যাস বিশিষ্ট aperture-এব টেলিস্কোপে (হোকাস দূৰত্ব ৬৬০ ইঞ্চি) চক্ৰেব প্রতিবিম্ব কত বড় দেখা যাইবে ?

৪। যখন কোন আলোক-বস্তু কাচেব একটি প্ৰিজমেব মধ্য দিয়া যায় তখন কি পৰিবৰ্তন ঘটে তাহা বৰ্ণনা ককন ।

৫। দুইটি কনভেক্স লেন্স দ্বাৰা একটি টেলিস্কোপ তৈয়াৰ কৰা হইলে প্রত্যেকটি লেন্সেব কাৰ্য্য কি হয় তাহা বৰ্ণনা ককন ।

৬। কোন অভজ্জাবভেটবীতে পৰ্যটকেবা আসিলে সাধাবণতঃ এই সমস্ত প্রশ্ন তাঁহাবা কবে । আপনি এই সমস্ত প্রশ্নেব কি উত্তৰ দিবেন ?

(ক) এই টেলিস্কোপ প্রতিবিম্বকে কতটা বড় কৰিতে সক্ষম ?

(খ) এই টেলিস্কোপ কি নক্ষত্ৰ এবং গ্রহ উভয়েব প্রতিবিম্বকে বড় (magnify) কৰিতে পাবে ?

(গ) এই টেলিস্কোপেব সাহায্যে আপনি কতদূৰ দেখিতে পাবেন ?

ষষ্ঠ অধ্যায়

চন্দ্র

(THE MOON)

চন্দ্র পৃথিবীর নিকটতম প্রতিবেশী এবং ইহা পৃথিবীর চারিদিকে ঘূৰিতেছে বলিয়া ইহাকে আমরা উপগ্রহ (satellite) বলি। চন্দ্রের নিজস্ব কোন আলো নাই। সূর্যের আলো পতিত হইলে চন্দ্র আলোকিত হয়। চন্দ্র আকাশে দ্বিতীয় উজ্জ্বলতম জ্যোতিষ্ক। চন্দ্র সম্বন্ধে বৈজ্ঞানিকগণ সৰ্বাপেক্ষা অধিক তথ্য আবিষ্কার কৰিতে সক্ষম হইয়াছেন। অধুনাকালে চন্দ্রে মানুষ প্রেরণ সম্বন্ধে প্রচেষ্টা চলিতেছে।

অসংখ্য জ্যোতিষের তুলনায় চন্দ্রের গতি সৰ্বাপেক্ষা অধিক। আকাশে চন্দ্র প্রায় সূর্যের মতই বড় দেখায়। চন্দ্রের প্রতিপদ হইতে পূর্ণিমা এবং অমাবস্যা পর্যন্ত বিভিন্ন “কলা” (phases) আছে।

৬.১. (ক) চন্দ্রালোক (Moon light)

চন্দ্রের বিশেষ গুণ হইল ইহাৰ আলো। আমরা চন্দ্র হইতে যে আলো পাই তাহাৰ পরিমাণ বিশেষরূপে পরিবর্তনশীল। পূর্ণিমায় বাত্মিতে চন্দ্রালোক এত উজ্জ্বল হয় যে আমবা প্রায় বাত্মিবেলা এই আলোতে বই পড়িতে পাৰি। ইহাৰ তুলনায় প্রথম সপ্তাহেৰ শেষে আমবা মাত্ৰ শতকৰা ১০ ভাগ আলো পাই। আৰাৰ প্রতিপদেৰ পৰা প্রথম যখন আকাশে চন্দ্রোদয় হয় তখন ইহাৰ আলোৰ পরিমাণ শতকৰা $\frac{১}{১০০,০০০}$ ভাগ মাত্ৰ। পূর্ণিমায় চাঁদেৰ আলো উজ্জ্বল হওযা সত্ত্বেও সূর্য্যালোকের তুলনায় এই আলো মাত্ৰ $\frac{১}{১০০,০০০}$ অংশ।

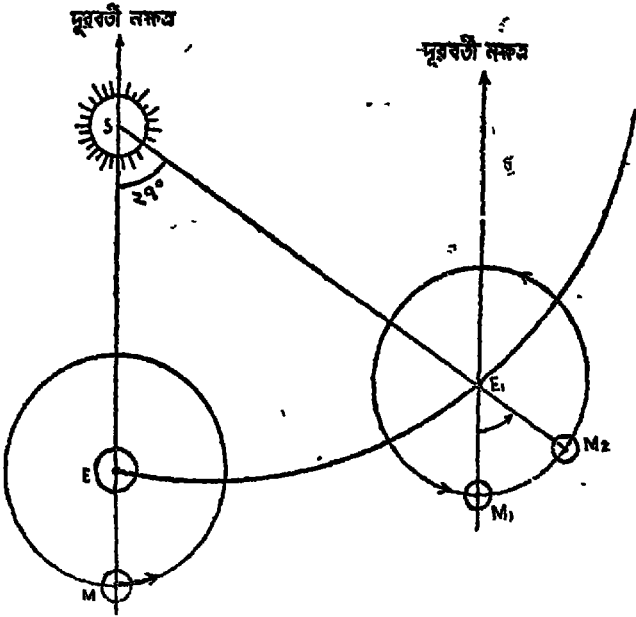
সূর্যালোক চন্দ্রের উপর হইতে প্রতিফলিত হইয়া ফিৰিয়া আসে। চন্দ্রের “প্রতিফলন শক্তি” (reflecting power) কত আমবা তাহা নির্ণয় কৰিতে পাৰি। সূর্যেৰ দূৰত্বেৰ তুলনায় গোটা মুঠভাবে বলা যায় যে পৃথিবী ও চন্দ্র, সূর্য হইতে প্রায় একই দূৰে অবস্থিত। স্তত্বেৰাং পৃথিবীৰ উপৰ প্রতি বৰ্গইঞ্চি পৰিমিত স্থানে যে আলো পতিত

হয় তাহা চন্দ্র-পৃষ্ঠের উপর প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে পতিত আলোর সমান। এই আলো যদি সম্পূর্ণরূপে প্রতিফলিত (reflected) হইত তাহা হইলে চন্দ্র ১৪ গুণ বেশী আলোকিত দেখাইত। চন্দ্র-পৃষ্ঠে পতিত আলোর যে অংশ প্রতিফলিত হয় সেই অংশ (fraction)-কে “আলবেডো” (albedo) বলে। চন্দ্রের আলবেডো প্রায় ০.০৭। প্রকৃতপক্ষে চন্দ্র-পৃষ্ঠে পতিত সূর্যালোকের প্রায় সবটুকুই চন্দ্র কর্তৃক শোষিত (absorbed) হয়। ইহাব উপবিভাগ হৃত। শোষিত আলো চন্দ্র-পৃষ্ঠকে উত্তপ্ত করে এবং পৰিশেষে তাপের আকাষে ছড়াইয়া পড়ে। যখন চন্দ্রের আলোকিত অংশ একটি সৰু “ফালিব” (crescent) মত আমবা দেখিতে পাই তখন ইহার অন্ধকার অংশকেও অত্যন্ত আবছা (faintly) দেখা যায়। লিওনার্ডো-ডা-ভিন্সি (১৪৫২-১৫১৯) প্রথম ইহাব কারণ আবিষ্কার করিয়া বলে যে, পৃথিবীর উপর পতিত আলো প্রতিফলিত হইয়া চন্দ্রের উপবোল্ল অংশকে আবছা দেখায়।

(খ) সাইডেরিয়াল এবং সাইনডিক মাস (Sidereal and synodic months)

আকাশে অগ্রাগ্র নক্ষত্রের তুলনায় পৃথিবীর চতুর্দিকে ঘুরিয়া আসিতে চন্দ্রের প্রায় ২৭ দিন ৭ ঘণ্টা ৪৩ মিনিট ১১.৫ সেকেন্ড সময় লাগিবে। ইহাকে চন্দ্রের সাইডেরিয়াল মাস (sidereal month) বলে। কিন্তু এই সময়ে পৃথিবী আপন কক্ষপথের চতুর্থ অংশ বা ২৭° পরিভ্রমণ করে। অতএব সূর্যকে প্রায় ২৭° পূর্বদিকে এক্সিপটিকের উপর সন্নিবিষ্ট বাইতে দেখা যাইবে। অতএব এই সময়ে অর্থাৎ এক সাইডেরিয়াল মাসে সূর্যের তুলনায় চন্দ্র একই অবস্থায় আসিতে সক্ষম হইবে না। ইহাব ফলে এক অমাবস্যা হইতে অপর অমাবস্যা পর্যন্ত সময় সাইডেরিয়াল মাস অপেক্ষা অধিক হইবে। কারণ চন্দ্রের ক্ষয়-বৃদ্ধি বা “কলা” (phases) সূর্যের তুলনায় ইহাব অবস্থানের উপর নির্ভর করে। প্রকৃত পক্ষে সূর্যের তুলনায় একই অবস্থায় ফিবিয়া আসিতে চন্দ্রের প্রায় ২৯ দিন ১২ ঘ ৪৪ মি ২৪.৫ সেকেন্ড সময় লাগে।

এই সময়কে চন্দ্রের সাইনডিক মাস (synodic month) বলে। আমরা প্রথম অধ্যায়ে সাইডেরিযাল এবং সাইনডিক "কাল" (period) সম্বন্ধে আলোচনা করিয়াছি। এখানে চন্দ্রের সাইডেরিযাল এবং সাইনডিক মাসের প্রভেদ চিত্রের সাহায্যে প্রদর্শিত হইল।



চিত্রে S, E এবং M যথাক্রমে সূর্য, পৃথিবী এবং চন্দ্রের অবস্থান। এক সাইডেরিযাল মাস (২৭ দিন ৭ ঘ. ৪৩ মিনি. ১১'৫ সেকেন্ড) পর পৃথিবী কক্ষপথে ২৭° দূরে E₁ স্থানে এবং চন্দ্র M₁ স্থানে আসিবে। এই অবস্থায় চন্দ্র নক্ষত্রের তুলনায় আপন অবস্থায় ফিবিয়া আসিবে। কিন্তু সূর্যের তুলনায় আপন অবস্থায় আসিতে চন্দ্রের প্রায় ২৯ দিন লাগিবে। M₂ স্থানে আসিলে চন্দ্রের সাইনডিক মাস পূর্ণ হইবে।

(গ) আকাশে চন্দ্রের পরিভ্রমণ পথ

আকাশে অষ্টাঙ্গ নক্ষত্রের অবস্থানের তুলনায় চন্দ্র আপন কক্ষপথে দৈনিক প্রায় ১৩° পূর্বদিকে সরিয়া যায়। মহাগোলকের উপর

চন্দ্ৰেব কক্ষপথ একটি মহাবৃত্তের (great circle) বেধা অঙ্কন কবে। চন্দ্ৰেব এই কক্ষপথ এক্লিপটিক (ecliptic) বা পৃথিবীব কক্ষপথের সহিত ৫° কোণে হেলিয়া আছে। চন্দ্ৰেব কক্ষপথ এবং পৃথিবীব কক্ষপথ পরস্পর দুইটি বিন্দুতে ছেদ কৰিয়াছে। এই দুইটি বিন্দুকে নোড্‌স (nodes) বলে। চন্দ্ৰ পৃথিবীব নিকটে আছে বলিয়া চন্দ্ৰেব উপর পৃথিবীব আকর্ষণ সর্বাধিক। কিন্তু ইহা সত্ত্বেও সূর্য এবং অগ্ন্যস্ত্র গ্রহেব ক্ষীণ আকর্ষণেব ফলে চন্দ্ৰেব কক্ষপথেব স্থিতি কিছুটা নষ্ট হয়। এইজন্য এই কক্ষপথেব সামান্য পৰিবৰ্তন লক্ষ্য কৰা যায় এবং এই পৰিবৰ্তনেব ফলে নোডাল বিন্দুদ্বয় (nodal points) ক্রমশঃ পশ্চিম দিকে সৰিতে থাকে এবং প্রায় $১৮^\circ ৬'$ বৎসবে সম্পূর্ণভাবে ঘূৰিয়া পূৰ্বাবস্থায় ফিৰিয়া আসে। নোডাল বিন্দুদ্বয়ের এই গতিকে নোডেব পশ্চাদপসৰণ (regression of nodes) বলে। ইহা ছাড়া বহিৰ্বিশ্বেব জ্যোতিষ্কদেব ক্ষীণ আকর্ষণেব ফলে চন্দ্ৰেব কক্ষপথেব তল পৃথিবীব কক্ষতলেব সহিত স্থিতি ৫° এবং পৰিবৰ্তে $৪^\circ ৫৯'$ হইতে $৫^\circ ১৮'$ পর্যন্ত কোণ উৎপন্ন কৰিয়া থাকে। এইজন্য চন্দ্ৰেব কক্ষতল মহাবিষুব (Equator)-এব তলেব সহিত $২৩\frac{১}{২}^\circ + ৫^\circ = ২৮\frac{১}{২}^\circ$ হইতে $২৩\frac{১}{২}^\circ - ৫^\circ = ১৮\frac{১}{২}^\circ$ কোণ উৎপন্ন কবে।

(ঘ) চন্দ্ৰোদয়ে বিলম্ব (Delay in moon rise)

আমরা উল্লেখ কৰিয়াছি যে, চন্দ্ৰ দৈনিক আপন কক্ষপথে প্রায় ১০° পূৰ্বদিকে সৰিয়া যায়। অস্ত পক্ষে সূর্য কক্ষপথে প্রায় ১° পূৰ্বদিকে সৰিয়া যায়। অতএব সূর্যেব তুলনায় চন্দ্ৰ দৈনিক ১২° পূৰ্বদিকে সৰিয়া যাইতেছে। পৃথিবীব আঙ্গিক গতিব জন্ত চন্দ্ৰকে দৈনিক পূৰ্বদিকে উদয় হইতে এবং পশ্চিম দিকে অস্ত যাইতে দেখা যায়। চন্দ্ৰেব কক্ষপথে ১২° পূৰ্ব গতিব জন্ত দৈনিক চন্দ্ৰোদয়েব সময় প্রায় ৫০ মিনিট পিছাইয়া যায়।

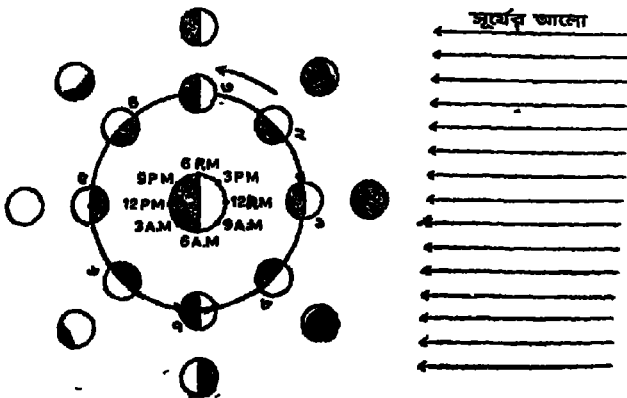
(ঙ) “Harvest Moon”

অটোম্নাল ইকুইনক্সেব নিকটে অবস্থান কালে যখন চন্দ্ৰেব পূৰ্ণিমা হয় সেই পূৰ্ণিমাকে “হারভেষ্ট মুন” (Harvest moon) বলে। সূর্য

অটোমনাল ইকুইনক্সে (২১শে সেপ্টেম্বর) অবস্থান কালে পূর্ণিমার সময় চন্দ্র পৃথিবীর বিপরীত দিকে অর্থাৎ ভার্নাল ইকুইনক্সে অবস্থান করিবে। 'সুভরা' এই সময়ে চন্দ্র এবং ভাবনাল ইকুইনক্সেব তাবকা একই সমব উদয় হইবে। উত্তর অক্ষাংশস্থ স্থানসমূহে এক্সিপটিক্-সর্বাপেক্ষা কম কোণ উৎপন্ন করে এবং ইহাব ফলে চন্দ্র দিগন্ত বেখাব খাড়াভাবে উদয় হইবে। পূর্ণিমার পব পর কয়েকদিন চন্দ্রের আপেক্ষিক গতি প্রাব দিগন্তরেখার সমান্তরাল হওয়ার জন্য বৎসবের অন্ত সমবের তুলনার চন্দ্র সূর্যাস্তের পব পর তাড়াতাড়ি উদয় হইয়া থাকে। সুভবাং সেপ্টেম্বর মাসের শেষ এবং অক্টোবর মাসেব প্রথম দিকে পূর্ণিমাব পূর্বে এবং পবে কয়েক রাত্রি ধরিয়া সন্ধ্যাবেলায চন্দ্রালোক বেশী পরিমাণ পাওয়া যায় এবং শীতপ্রধান দেশের কৃষকেবা এই আলোতে কৃষিকার্য অধিক সমব পর্যন্ত করিতে স্রযোগ পায। এইজন্য এই পূর্ণিমাকে "হার্ভেস্ট মুন" (Harvest moon) বলে।

(৬) চন্দ্রের "কলা" এবং ইহার হ্রাস-বৃদ্ধি (Phases, Waning and waxing of the Moon)

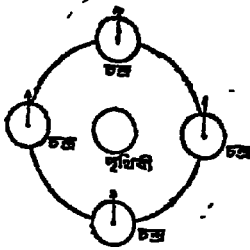
পুরাতন কালের মানুষ চন্দ্রের হ্রাস-বৃদ্ধি কেন হব তাহা পবি্কাব-ভাবে বুঝিতে পারিবাছিলেন। আজকাল অতি সহজেই "কত দিনেব চাঁদকে কোথায দেখিব" তাহা আমরা অনুমান করিতে পাযি। নিয়েব চিত্রে আমরা পৃথিবীর চারিদিকে আবর্তনশীল চন্দ্রের বিভিন্ন অবস্থানেব বর্ণনা দিলাম।



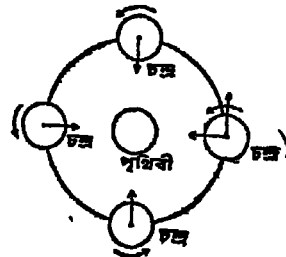
মনে ককন চন্দ্ৰ অমাবস্ত্যার দিন ১নং অবস্থানে আছে। ঐ দিন চন্দ্ৰ, সূৰ্য এবং পৃথিবীর মাঝখানে অবস্থিত। ২ হইতে ৮ নং পর্যন্ত অগ্ৰাশ্র অবস্থান প্রদর্শন করা হইয়াছে। প্রত্যেক অবস্থানের পাশ্বে পৃথিবী হইতে চন্দ্ৰ কিরূপ দেখাইবে তাহা দেখানো হইয়াছে। ভূ-পৃষ্ঠে যে কোন স্থানের ঠিক মধ্যাকাশে বিভিন্ন অবস্থানের চন্দ্ৰকে কোন্ সময়ে দেখা যাইবে তাহাও প্রদর্শিত হইল। যেমন ৭ দিনের চন্দ্ৰকে সন্ধ্যা ৬টাৰ সময় মধ্যাকাশে দেখা যাইবে। যখন চন্দ্ৰ গিব্বাস্, (Gibbous) আকার (৪ নং অবস্থান) তখন বাড়ি ৯ টাৰ সময় ইহাকে মধ্যাকাশে দেখা যাইবে।

(ছ) চন্দ্ৰের আপন অক্ষের চারিদিকে আবর্তন (Rotation of the moon)

আমরা সকলেই জানি যে আমরা সৰ্বদাই চন্দ্ৰের একই দিক দেখিতে পাই। চন্দ্ৰের খালাব মধ্যে আমরা একই চিত্র সৰ্বদা লক্ষ্য কবি। এইজন্য অনেকে হত মনে কবিবেন যে চন্দ্ৰ আপন অক্ষের (axes) চারিদিকে আবর্তন কবে না। ইহা সত্য নহে। নিম্নের চিত্রে ↑ চিহ্ন দ্বারা চন্দ্ৰের উপর বিশেষ "লক্ষণ" বা "ছবি" বুঝানো হইতেছে। মনে ককন চন্দ্ৰ পৃথিবীর চারিদিকে আবর্তনকালে, আপন অক্ষের চারিদিকে না ঘুরিয়া একইরূপ অবস্থায় আছে। তাহা হইলে এক চান্দ্র মাসে (lunar month) বিভিন্ন অবস্থানে চন্দ্ৰকে ১ নং তিথের মমানুযায়ী এমনভাবে দেখিব যে বিশেষ লক্ষণটিকে কখনও কখনও দেখিতে পাইব না।



১ নং চিত্র



২ নং চিত্র

কিন্তু যদি চন্দ্র আপন অক্ষের চারিদিকে আবর্তন করিতে থাকে তাহা হইলে ২৭৭ চন্দ্রের মর্যাদানুযায়ী বিশেষ লক্ষণটিকে ভূ-গৃহ হইতে সর্বদাই দেখিতে পাইব। ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, পৃথিবীর চারিদিকে চন্দ্রের আবর্তন কাল (Period of revolution) এবং আপন অক্ষের চারিদিকে ইহার আবর্তন-কাল (Period of rotation) সমান। ভূ-গৃহের বিশাল জলবাণীৰ আকর্ষণের ফলে চন্দ্রের উভয় আবর্তন-কাল সমান বলিয়া পণ্ডিতগণ অনুমান করেন। চন্দ্রের সব অংশই সূর্যের আলোকে আলোকিত হয়। তবে আমরা মাত্র একই অর্ধাংশ সর্বদা দেখি।

৬২ চন্দ্রের দূরত্ব এবং আকার (Moon's distance and size)

অগ্রাঙ্ক জ্যোতিষ্কের তুলনায় চন্দ্র পৃথিবীর নিকটতম প্রতিবেশী। ৩০টি পৃথিবীকে পাশাপাশি রাখিলে যে দূরত্ব অতিক্রম করা যায় চন্দ্র প্রায় সেই দূরত্বে অবস্থিত। নান্যভাবে চন্দ্রের দূরত্ব নির্ণয় করা যায়।

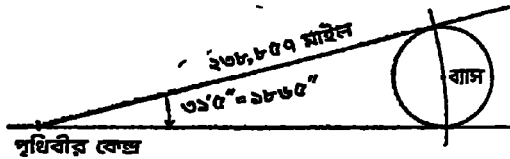
(ক) রাডারের সাহায্য চন্দ্রের দূরত্ব নির্ণয় : বাড়ান হইতে বৈদ্যুতিক ঢেউয়ের একটি Pulse যদি দূরত্বতী কোন লক্ষ্যবস্তুতে পাঠানো হয় তাহা হইলে ঐ ঢেউ লক্ষ্যবস্তুতে প্রতিফলিত হইয়া বাড়াবে ফিবিয়া আসিতে যে সময়ের প্রয়োজন হয় সেই সময়ের জ্ঞান হইতে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব সহজে নির্ণয় করা যায়। যে-কোন মুহুর্তে চন্দ্রের অবস্থান জানা সহজ ব্যাপার। অতএব চন্দ্রের অবস্থানের দিকে ঢেউ পাঠাইয়া উহা ফিবিয়া আসিতে যে সময় প্রয়োজন সেই সময়কে t যাবা এবং আলোর গতিবেগ c যারা প্রকাশ করিলে চন্দ্রের দূরত্ব d হইবে,

$$d = \frac{1}{2} c t.$$

এই উপায়ে জানা গিয়াছে যে, পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব ৩৮৪,৪০০ কিলোমিটার বা ২৩৮,৮৫৭ মাইল। এই দূরত্ব পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে চন্দ্রের কেন্দ্র পর্যন্ত লওয়া হইয়াছে।

(খ) চন্দ্রের ব্যাস নির্ণয় : পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে চন্দ্রের কোণিক ব্যাস (angular diameter) নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে, ইহার জ্ঞান ৩১'৫" হয়। পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব এবং কোণিক ব্যাস হইতে

গোলাকাক চন্দ্রের ব্যাস জ্যামিতির নিয়মাবলম্বনে নির্ণয় করা সহজ। নিম্নেব চিত্র দেখুন।



যেহেতু চন্দ্রের কৌণিক ব্যাস অতি সামান্য এবং চন্দ্রের দূরত্ব কৌণিক ব্যাসের তুলনায় অনেক বেশী অতএব চন্দ্রের প্রকৃত ব্যাসকে আমবা স্বভাংশেব সহিত সমান বলিয়া কল্পনা কবিতে পাৰি। যেহেতু একটি স্বস্ত কেন্দ্রের চাবিপাশে মোট $৩৬০ \times ৬০ \times ৬০ = ১,২৯৬,০০০''$, এবং যেহেতু, $\frac{১৮৬৫}{১২৯৬০০০} = \frac{১}{৬৯৫}$,

সুতরাং যে স্বস্তেব ব্যাসার্ধ ২৩৮,৮৫৭ মাইল সেই স্বস্তেব পৰি-সীমাকে $\frac{১}{৬৯৫}$ দ্বাৰা গুণ কবিলে চন্দ্রের ব্যাস পাওয়া যাইবে।

$$\text{চন্দ্রের ব্যাস} = \frac{২\pi \times (২৩৮,৮৫৭)}{৬৯৫} = ২১৬০ \text{ মাইল (প্রায়)}$$

সাধাবণভাবে প্রকাশ কবিলে আমবা নিম্নকপ যুক্তি ব্যবহাব কবিতে পারি। মনে-ককন-একটি জ্যোতিষ্কেব (গ্রহ, উপগ্রহ) কৌণিক ব্যাস α'' এবং পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে উহাব দূরত্ব R মাইল, তাহা হইলে জ্যোতিষ্কেব ব্যাস, d হইবে, $d = \frac{\alpha R}{২০৬,২৬৫}$

চন্দ্র সম্পূর্ণকপে গোলাকাক নহে বলিয়া উপবোক্ত ব্যাস নির্ভুল নহে।

৬৩ চন্দ্রের প্রকৃত কক্ষপথ

এক চান্দ্রমাসের বিভিন্ন সময়ে যদি পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব নির্ণয় করা যায় তাহা হইলে দেখা যায় যে, এই দূরত্বের ন্যূনতম এবং সর্বাধিক মানের ব্যবধান শতকরা ১৪ ভাগ। কেপলাবেব প্রথম নিয়মানুসাবে প্রকৃতপক্ষে চন্দ্র পৃথিবীর চাবিদিকে উপস্বস্তাকাবে (ellipse) প্রদক্ষিণ কবিতেছে। চন্দ্র যখন পৃথিবীর অতি নিকটে আসে

তখন ইহাব দূরত্ব ২২১,৪৬৩ মাইল এবং যখন ইহা পৃথিবী হইতে সর্বাধিক দূরত্বে থাকে তখন ইহাব দূরত্বের পরিমাণ ২৫২,৭১০ মাইল হইয়া থাকে। কক্ষপথ একটি উপবৃত্ত বলিয়া ইহাব eccentricity-এব. মান $\frac{১}{১৮}$ । Eccentricity বলিতে আমরা ক্ষুদ্রতম এবং বৃহত্তম অক্ষ-রেখার দৈর্ঘ্যের অনুপাতকে বুঝাই।

সূর্যের আকর্ষণ এবং পৃথিবীর আকর্ষণেব, তারতম্যেব জন্ম চন্দ্রেব কক্ষপথেব আকার কখনও কখনও পবিবর্তন হয়। আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি যে চন্দ্রের কক্ষপথ, পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত ৫° কোণে অবস্থিত এবং এই কৌণিক দূরত্বের মধ্যেও প্রভেদ সৃষ্টি হয়। ইহা ছাড়া নোডাল বিন্দুগুলিও কক্ষপথেব উপব দিয়া পশ্চিম দিকে সবিতে থাকে এবং ১৮.৬ বৎসরে আবাব ফিবিয়া আসে। ইহা ছাড়া চন্দ্রের কক্ষপথের বৃহত্তম অক্ষরেখা (major axis) প্রতি ৮.৮৫ বৎসবে দিক পবিবর্তন কবে।

উপবিল্লিখিত নানাকপ পরিবর্তনের ফলে চন্দ্রেব কক্ষপথ প্রকৃত উপবৃত্ত হইতে বেশ খানিকটা বিকৃত হইয়া থাকে। চন্দ্রগ্রহণের সম্ভব নির্ণয়ের ব্যাপারে এই বিকৃতিকে অবহেলা করা চলে না। এইজন্ম বৈজ্ঞানিকেরা ২৭.২১২২ দিনে একটি nodical চান্দ্রমাস এবং ২৭.৫৫৫ দিনে একটি anomalistic চান্দ্রমাস ধরিয়া থাকেন।

চন্দ্র হইতে পৃথিবীর দূরত্ব, পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্বের মাত্র $\frac{১}{৩৯০}$ অংশ। পৃথিবীর চাৰিদিকে কক্ষপথে আবর্তনশীল চন্দ্রেব গতি বেগ প্রতি ঘণ্টায় ২২৮৭ মাইল। অথবা প্রতি সেকেন্ডে $\frac{১}{১০}$ মাইল। এই গতিবেগ পৃথিবীর গতিবেগের $\frac{১}{৩৯০}$ অংশ। সূর্যের তুলনায় যদি চন্দ্রেব ভ্রমণ-পথ অংকন করা হয় তাহা হইলে ইহা পৃথিবীর কক্ষপথ হইতে সামান্য পৃথক বলিয়া মনে হইবে। পরস্পরের আকর্ষণেব প্রভাবে দুইটি বস্তুর মধ্যে বৃহত্তরটি স্থির থাকিবে এবং ক্ষুদ্রতরটি ইহাব চাৰিপাশে আবর্তন কবিবে ইহা সম্ভব নহে। প্রকৃতপক্ষে উভয় বস্তুই তাহাদের বস্তুকেন্দ্র (centre of mass)-এব চাৰিদিকে ঘূৰিতে থাকে। এই বস্তুকেন্দ্রকে Bary centre বলা হয়। পৃথিবী এবং চন্দ্রেব কেন্দ্র

সংযোগকারী সবলবেগাব উপর উহাদের বস্তুকেন্দ্র বা Bary centre অবস্থিত। ইহা পৃথিবীর নিকটে অবস্থিত থাকে। প্রকৃতপক্ষে এই Bary centre-ই সূর্যের চারিদিকে উপস্থিতাকারে পৰিভ্রমণ কৰে। বিন্দুটি কিন্তু একটি কাল্পনিক বিন্দু বিশেষ। আবার এই Bary centre-কে কেন্দ্র কবিয়া উহাব চারিদিকে চন্দ্ৰ-পৃথিবী এক সাইডেরিয়াল মাসে (প্রায় ২৭ দিন) ঘূরিয়া আসিতেছে। পৃথিবী-কেন্দ্র হইতে Bary centre এব দূরত্ব প্রায় ২৯০০ মাইল। চন্দ্ৰ-পৃথিবীর এই আবর্তন কল মঙ্গল গ্রহের অবস্থান হইতে বুঝিতে পাৰা যায়। এই গ্রহ প্রতি মাসে ইহাব আবর্তন পথ হইতে কখনও একটু দূৰে এবং কখনও একটু নিকটে সন্নিবিষ্ট আসে। ইহাব পৰিমাণ প্রায় ১৭"।

৬৪ চন্দ্ৰে বস্তুর পৰিমাণ (Mass of the moon)

দুইটি জ্যোতিষিক বস্তুর পৰিমাণ উহাদের Bary centre হইতে দূৰত্বের সহিত বিপরীত অনুপাত প্রকাশ কৰে। পৃথিবী এই Bary centre হইতে বতৰ্গ দূৰে, চন্দ্ৰ তদপেক্ষা ৮১ ৩ গুণ বেশী দূৰে অবস্থিত। অতএব পৃথিবীর বস্তুর তুলনায় চন্দ্ৰের বস্তুর পৰিমাণ ৮১ ৩ গুণ কম হইবে। কিন্তু পৃথিবীর বস্তুর পৰিমাণ $৬ \cdot ৬ \times ১০^{২১}$ । অতএব চন্দ্ৰের

$$\text{বস্তুর পৰিমাণ } \frac{৬ \cdot ৬ \times ১০^{২১}}{৮১ \cdot ৩} = ৮ \cdot ১ \times ১০^{১৯} \text{ টন।}$$

অনেক সময়ে ক্ষুদ্রতর গ্রহের উপর চন্দ্ৰের মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবেই জ্ঞান হইতে চন্দ্ৰের বস্তুর পৰিমাণ নির্ণয় করা সম্ভব। ইহা অনুমান করা হইতেছে যে, মানব নিৰ্মিত উপগ্রহ (স্পুটনিক)-গুলির সাহায্যে চন্দ্ৰের বস্তুর পৰিমাণ অধিকতর নিছুলভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হইবে।

(ক) চন্দ্ৰের বস্তুর গড়পড়তা ঘনত্ব (Mean density): চন্দ্ৰের বস্তুর পৰিমাণকে উহাব আয়তন দ্বারা ভাগ কবিলে আমবা গড়পড়তা ঘনত্ব নির্ণয় কবিত্তে পাৰি। এইরূপে দেখা যায় যে চন্দ্ৰে অবস্থিত বস্তু গড়ে পানি (water) অপেক্ষা ০.৩৪ গুণ বেশী ভারী। ইহা পৃথিবীর ঘনত্বের প্রায় শতকরা ৬১ ভাগ।

(খ) চন্দ্রে মাধ্যাকর্ষণের পরিমাণ (gravity of the moon) :
 আমরা জানি যে ভূ-পৃষ্ঠে মাধ্যাকর্ষণের শক্তির ফলে যে-কোন বস্তু
 উপর যে acceleration বা এক একক বস্তু উপর যে বল (force)
 উৎপন্ন হয় তাহাৰ পৰিমাণ a হইলে

$$a = G \cdot \frac{M}{R^2}$$

এখানে G =মাধ্যাকর্ষণের সংখ্যা, M =পৃথিবীর বস্তুৰ পৰিমাণ এবং
 R =পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

যেহেতু চন্দ্রের বস্তুৰ পৰিমাণ পৃথিবীর বস্তুৰ ০.০১২০ অংশ এবং
 ইহার ব্যাসার্ধ পৃথিবীর ব্যাসার্ধের ০.২৭৩, অতএব চন্দ্রের উপবিভাগে
 মাধ্যাকর্ষণজনিত acceleration a' হইলে

$$\frac{a'}{a} = \frac{0.012}{(0.273)^2} = 0.164 = \frac{1}{6} \text{ প্রায়।}$$

ইহার অর্থ এই যে, ভূ-পৃষ্ঠে যে পদার্থের ওজন ৬ টন পরিমাণ
 হইবে উহা চন্দ্র-পৃষ্ঠে মাত্র ১ টন ওজনের বল (force) অনুভব করিবে
 এবং ভূ-পৃষ্ঠে কোন উচ্চ স্থান হইতে একটি প্রস্তর ছাড়িয়া দিলে বতটা
 জোরে ভূ-পৃষ্ঠে আসিতে থাকিবে চন্দ্র-পৃষ্ঠে তদপেক্ষা ৬ ভাগ জোরে
 নামিতে থাকিবে।

(গ) Escape velocity : যদি একটি পদার্থ অপর একটি পদার্থের
 চাষিদিকে এমন গতিতে ভ্রমণ করিতে থাকে যেন দ্বিতীয় পদার্থের
 তুলনায় প্রথম পদার্থের পথ একটি 'প্যাবোলার' আকার ধারণ করে
 তাহা হইলে প্রথম পদার্থটি দ্বিতীয় পদার্থের চাষিদিকে আবর্তন কালে
 ইহার মাধ্যাকর্ষণের প্রভাব মুক্ত হইবা দ্বিতীয় পদার্থকে ছাড়িয়া চলিবা
 যাইবে। প্রথম পদার্থের এমন গতিককে Escape velocity বলে।

মনে করুন দুইটি পদার্থের বস্তুৰ পৰিমাণ যথাক্রমে m_1 এবং m_2
 উহাদের মধ্যে দূরত্ব r এবং উহাদের একটির অপবটির তুলনায় আপেক্ষিক
 বেগ V । যদি

$$V^2 = G (m_1 + m_2) \cdot \frac{2}{r} \text{ হয়,}$$

তাহা হইলে এক পদার্থ অর্থাৎ পদার্থের মাধ্যাকর্ষণের প্রভাব হইতে সম্পূর্ণরূপে মুক্ত হইবে।

এখন মনে ককন যে, m_1 -এর তুলনায় m_2 -এর মান অত্যন্ত নগণ্য। এক্ষেত্রে আমবা পাই যে বৃহৎ একটি গোলাকায় পদার্থ (পরিমাণ M)-এর উপরিভাগ হইতে একটি ক্ষুদ্র পদার্থকে যদি

$$V = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

গতি বেগ লইয়া ছুঁড়িয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে ইহা বৃহৎ পদার্থের মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবমুক্ত হইয়া চলিষা যাইবে। চন্দ্র হইতে ২'৩৮ কিলোমিটার অথবা ১২ মাইল বেগে একটি পদার্থকে ছুঁড়িয়া দিলে উহা চন্দ্রের মাধ্যাকর্ষণ ত্যাগ করিষা যাইবে।

৩৫. চন্দ্রের বায়ুমণ্ডল

আমাদের ভূ-পৃষ্ঠে যে বায়ুমণ্ডল অবস্থিত সেই বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন উপাদান যেমন হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি নির্দিষ্ট গতিবেগে (mean velocity) বায়ুমণ্ডলের মধ্যে চলাফেরা করে। ভূ-পৃষ্ঠে হাইড্রোজেন গ্যাসের গতিবেগ ভূ পৃষ্ঠের escape velocity অপেক্ষা প্রায় ৫ গুণ অধিক। এই escape velocity-এর পরিমাণ প্রতি সেকেন্ডে ৭ মাইল। অতএব হাইড্রোজেন গ্যাস পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে থাকিতে পাবে না। কিন্তু নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন গ্যাসের গতিবেগ ভূ-পৃষ্ঠে escape velocity অপেক্ষা ১৪ গুণ কম। অতএব বায়ুমণ্ডলে এই দুই প্রকার গ্যাস আমবা দেখিতে পাই। বাহা হউক চন্দ্র-পৃষ্ঠের escape velocity-এর তুলনায় অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন গ্যাসের গতিবেগ অধিক হওয়ায় চন্দ্রের বায়ুমণ্ডলে ইহাবা টকিতে পাবে না। এই বৃত্তি এবং চন্দ্র-পৃষ্ঠে সূর্য কিরণের বিচ্ছুরণ (Scattering) হইতে প্রমাণ হয় যে চন্দ্রে কোন বায়ুমণ্ডলের অস্তিত্ব নাই। এই বায়ুমণ্ডলের অভাবের ফলে চন্দ্র-পৃষ্ঠে কোন বায়ুচাপের অস্তিত্ব নাই। আমবা জানি যে পানিকে নিম্নস্থান হইতে উচ্চস্থানে লইলে সহজেই (অল্প তাপে) বাষ্পে পরিণত করা যায়। ইহাব কারণ এই যে বায়ুচাপ কমিষা গেলে পানির boiling

তাপমাত্রা কমিষা যাব। চন্দ্রে বায়ুচাপের অভাবে পানি সহজেই বাষ্প হইয়া যাইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, চন্দ্রে বায়ুমণ্ডলের অভাবে পানির অস্তিত্ব সম্ভব নহে।

বায়ুমণ্ডল এবং পানির অভাবে চন্দ্রে কোন আবহাওয়া থাকিতে পারে না। সেখানে কোন মেঘ, ঝড়, বরফ বা কুয়াশা প্রভৃতির অস্তিত্ব থাকিবে না।

৬.৬. চন্দ্রে তাপের প্রকারভেদ

আপন মেকন্দগের উপর চন্দ্র প্রায় ২৯½ দিনে একবার ঘুরিয়া আসে। স্নতবায় চন্দ্র-পৃষ্ঠে যে-কোন স্থানে প্রায় দুই সপ্তাহ ধরিয়া সূর্য-কিরণ পতিত হয়। বায়ুমণ্ডলের অভাবে চন্দ্র-পৃষ্ঠে পতিত এই সূর্য-কিরণ চন্দ্র-পৃষ্ঠের তাপমাত্রা 100° সে. অপেক্ষা অধিক হইয়া থাকে। অতদ্বিধে চন্দ্র গ্রহণের সময় চন্দ্রের তাপমাত্রার পরিমাণের জ্ঞান হইতে গণনা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, চন্দ্র-পৃষ্ঠের অক্ষকারাঙ্ক স্থানের তাপমাত্রা -190° সে. পর্যন্ত নামিয়া আসে।

Radio wave দ্বারা সঞ্চেত পাঠাইয়া চন্দ্রের অভ্যন্তর ভাগের তাপমাত্রার জ্ঞান পাওয়া গিয়াছে। ইহাতে দেখা যায় যে, চন্দ্রের অভ্যন্তর ভাগের তাপমাত্রা -10° সে. হইতে -10° সে. এর মধ্যে সীমাবদ্ধ।

চন্দ্রের উপবিভাগের তাপমাত্রা এবং অভ্যন্তরভাগের তাপমাত্রার মধ্যে যে অত্যধিক প্রভেদ দেখা যায় তাহার কারণ বোধ হয় এই যে, চন্দ্র-পৃষ্ঠ কোন প্রকার আশ্রয়ভঙ্গ দ্বারা অত্যন্ত গভীরভাবে আবৃত আছে।

৬.৭. চন্দ্রের উপবিভাগের রূপ (Surface features of the moon)

(ক) টেলিস্কোপের সাহায্যে চন্দ্র-পৃষ্ঠ দর্শন : আমরা নগ্ন চোখে চন্দ্র-পৃষ্ঠে কতকগুলি অস্পষ্ট চিহ্ন লক্ষ্য করিয়া থাকি। গ্যালিলিও তাঁহার টেলিস্কোপের সাহায্যে চন্দ্র-পৃষ্ঠে পর্বত আশ্রয়গিবিব গম্বুজ, উপত্যকা প্রভৃতি লক্ষ্য করেন। আমরা পূর্বে আলোচনা করিয়াছি যে, চন্দ্রে পানির অস্তিত্ব নাই। গ্যালিলিও চন্দ্রে যে সমুদ্রের অস্তিত্ব অনুভব

কবিষাছিলেন উহা প্রকৃতপক্ষে সমুদ্র নহে। বাহা ইউক অধুনাকালেও চন্দ্রে গ্রহণ বৃহৎ চিহ্নিত স্থানগুলিকে সমুদ্র বা “Maria” নামে আখ্যা দেওয়া হয়। এই সমস্ত Maria-এব কোন কোনটি প্রায় ৫০০ হইতে ৭০০ মাইল পর্যন্ত প্রশস্ত। চন্দ্রে বায়ুমণ্ডল এবং পানির অভাবে চন্দ্র-পৃষ্ঠের রূপ যে কিরূপ হইবে তাহা পৃথিবী হইতে অনুমান করা কঠিন।

(খ) চন্দ্রের পাহাড় (lunar mountains) : চন্দ্র-পৃষ্ঠে কয়েকটি পাহাড় বা পর্বতের সংলগ্ন পাহাড়-শ্রেণী লক্ষ্য করা যায়। ইহাদিগকে পৃথিবীর পাহাড় পর্বতের নামানুকরণে Alps, Apennines, Carpathians প্রভৃতি নামে অভিহিত করা হইয়াছে। বায়ুমণ্ডল ও পানির অভাবে এই সমস্ত পাহাড়ের আকৃতি পৃথিবীর পাহাড়াদির আকৃতি হইতে সম্পূর্ণ পৃথক।

এই সমস্ত পাহাড়ের উচ্চতা কত তাহা তাহাদের দ্বারা প্রতিফলিত দ্বারা হইতে নির্ণয় করা যায়।

সর্বপ্রথম ১৯৫৯ খ্রিস্টাব্দের ৪ঠা অক্টোবর সোভিয়েট বকেটের সাহায্যে চন্দ্রের অংশের ফটোগ্রাফ গ্রহণ করা সম্ভব হইয়াছে। এই ফটোগ্রাফ বেডিও signal-এব সাহায্যে ২৭৫,০০০ মাইল দূরবর্তী স্থান হইতে পৃথিবীতে পাওয়া গিয়াছিল। ইহাতে দেখা যায় যে, মোটামুটিভাবে চন্দ্রের উত্তর অংশের আকৃতি প্রায় একইরূপ।

প্রশ্নমালা - ৬

১। চন্দ্র হইতে পৃথিবীর দিকে লক্ষ্য করিলে কোন্ অবস্থানে পৃথিবীকে উজ্জ্বলতম মনে হইবে?

২। পৃথিবীর পঞ্জিকা অনুযায়ী যদি চন্দ্রের সাইডেবিয়াল মাস চার মাসের সমান হয় তাহা হইলে কত সময়ে চন্দ্রের সাইনডিক মাস হইবে?

৩। এক বৎসবে সাইনডিক মাস অপেক্ষা সাইডেবিয়াল মাসের সংখ্যা কত বেশী এবং কেন?

৪। সূর্য যখন Vernal equinox-এব নিকটে অবস্থান করবে তখন পূর্ণচন্দ্র দৈনিক উত্তর 'গোলার্ধে' এবং দক্ষিণ গোলার্ধে কত দেৱীতে উঠে তাহা নির্ণয় করুন।

৫। চন্দ্রেব অবস্থান (পৃথিবীর তুলনায়) নির্ণয় করুন যখন

(ক) চন্দ্র বিকাল ৩ ঘটিকাৰ উদয় হয় ;

(খ) চন্দ্র সকাল ৮ ঘটিকাৰ মধ্যাকাশে আসে ,

(গ) চন্দ্র সকাল ১১ ঘটিকাৰ অন্ত যায়।

৬। ঠিক কোন্ সময়ে

(ক) ৭ দিনের চন্দ্র মধ্যাকাশে আসে ;

(খ) ২২ দিনের চন্দ্র অন্ত যায় ;

(গ) অমাবস্ত্যাব চন্দ্র উদয় হয়।

৭। পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব ২৩৮,৮৫৭ মাইল হইলে Radar-এর ডেউ পৃথিবী হইতে চন্দ্রে প্রতিফলিত হইয়া কত সময়ে ফিবিয়া আসিবে ?

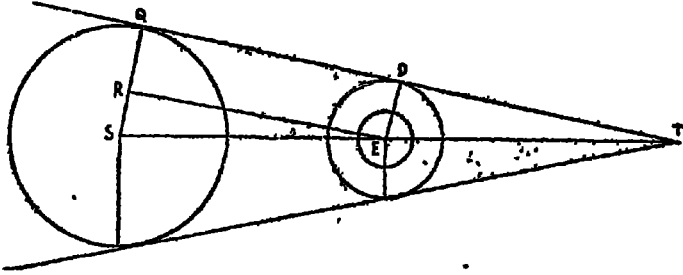
৮। মঙ্গল গ্রহের দূরত্ব (পৃথিবী হইতে) ৩৫,০০০,০০০ মাইল এবং ইহাৰ কৌণিক ব্যাস ২৪"। ইহাৰ বৈখিক ব্যাস কত ?

৯। ভূ-পৃষ্ঠে যে ব্যক্তিব ওজন ২০০ পাউণ্ড চন্দ্র-পৃষ্ঠে তাঁহাৰ ওজন কত হইবে ?

১০। চন্দ্রেব বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব যদি ৪ গুণ বেশী হইত তাহা হইলে চন্দ্র-পৃষ্ঠে কোন বস্তুর escape velocity কত হইত ?

৭.২. ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয়

ফোন গোলাকাক পদার্থে সূর্যকিরণ পতিত হওয়ায় যে ছায়া সৃষ্টি হয় তাহাব দৈর্ঘ্য সহজেই নির্ণয় করা যায়।



উপরের চিত্রে QDT একটি স্পর্শক অঙ্কন করা হইয়াছে। বড় স্বত্তাটি সূর্য এবং ছোট স্বত্তাটি পৃথিবী বা চন্দ্র বর্ণনা করিতেছে। ER এবং QD পরস্পর সমান্তরাল সরলরেখা। ET ছায়ার দৈর্ঘ্য। ET নির্ণয় করিতে হইবে।

যেহেতু, RS, ED এর সমান্তরাল

SE, ET-এর সমান্তরাল

RE, QDT-এর সমান্তরাল

অতএব, $\triangle RES$ এবং DTE ত্রিভুজ দুইটি অনুকণ (similar)।

$$\text{অতএব, } \frac{ET}{SE} = \frac{ED}{SR}$$

এখানে, SE = সূর্য-কেন্দ্র হইতে পৃথিবীর কেন্দ্রের দূরত্ব।

ED = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

SR = সূর্য এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধের প্রভেদ।

$$\text{সুতরাং, } ET = \text{ছায়ার দৈর্ঘ্য} = \frac{(\text{সূর্য দূরত্ব}) \times (\text{পৃথিবীর ব্যাসার্ধ})}{(\text{উভয়ের ব্যাসার্ধের প্রভেদ})}$$

আমাদের নৈজে,

$$SE = ৯৩,০০০,০০০ \text{ মাইল}$$

$$ED = ৩৯৬৩ \text{ মাইল}$$

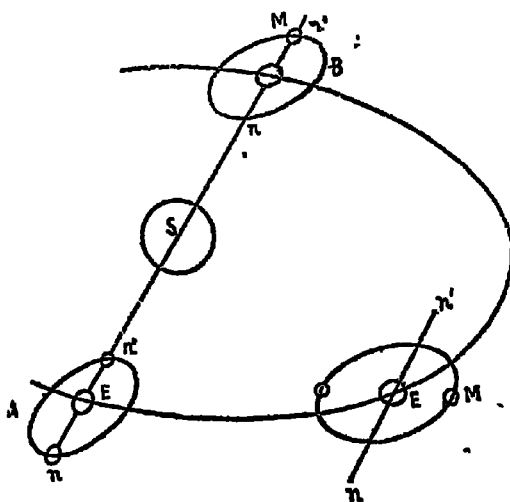
$$SR = (৯৩২,০০০ - ৩৯৬৩) = ৮৯৮০৩৭ \text{ মাইল}$$

$$\therefore ET = \frac{৯৩,০০০,০০০ \times ৩৯৬৩}{৮৯৮০৩৭}$$

$$= ৮৬০,০০০ \text{ মাইল (প্রায়)}।$$

৭.৩ গ্রহণ সময় (Eclipse seasons)

সূর্য গ্রহণের সময় চন্দ্রকে পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যে আসিতে হইবে। অতএব ইহা অমাবস্ত্যাব সময়। আবার চন্দ্র যখন পৃথিবীর ছায়া কোণে আসে তখন চন্দ্র গ্রহণ সংঘটিত হব। এইজন্ত চন্দ্রকে পৃথিবীর যে দিকে সূর্য আছে তাহাব বিপরীত দিকে আসিতে হইবে। অতএব চন্দ্র গ্রহণ পূর্ণিমাব সময় ঘটিবা থাকিবে। যদি চন্দ্রের কক্ষপথ ও পৃথিবীর কক্ষপথ একই সমতলে অবস্থান করিত তাহা হইলে আমবা প্রতি অমাবস্ত্যাব সূর্য গ্রহণ এবং প্রতি পূর্ণিমায় চন্দ্র গ্রহণ দেখিতে পাইতাম। কিন্তু চন্দ্রের কক্ষপথের তল, পৃথিবীর কক্ষপথের তলের সহিত 5° কোণে অবস্থিত। অতএব চন্দ্র, পৃথিবী সূর্যের কেন্দ্রগুলি প্রতি অমাবস্ত্যাব এবং পূর্ণিমাব সমবেশ (একই সবলবেশ্যাব) থাকে না। এই সময় চন্দ্রের কেন্দ্র, পৃথিবী ও সূর্যের 'কেন্দ্র' দিয়া অঙ্কিত কাল্পনিক সবলবেশ্যাব একটু উত্তরে কিংবা একটু দক্ষিণে অবস্থান করে।



আমবা পূর্বে দেখিয়াছি যে, চন্দ্রের কক্ষতল, পৃথিবীর কক্ষতলের সহিত নোডাল বিন্দুতে ছেদ করে। যদি চন্দ্র এই নোডাল বিন্দুতে অবস্থান

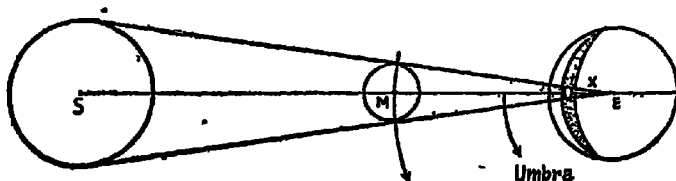
করিবাব সময় অমাবস্তা বা পূর্ণিমা ঘটিবার স্বযোগ হয় তখন আমবা সূর্যগ্রহণ বা চন্দ্রগ্রহণ লক্ষ্য করিবাব স্বযোগ পাইব।

পৃথিবীর কেন্দ্র এবং নোডাল বিন্দুর মধ্য দিয়া অঙ্কিত কাল্পনিক রেখাকে নোডাল লাইন (nodal line) বলে। এই নোডাল লাইন সাধাবণতঃ এক বৎসবে মোটামুটি একইভাবে হেলিয়া থাকে। অতএব পূর্ব-পৃষ্ঠাব চিত্রের A এবং B অবস্থানে যখন চন্দ্রের (M) পূর্ণিমা বা অমাবস্তা সংঘটিত হয় তখন আমবা চন্দ্র বা সূর্যগ্রহণ দেখি। সাধাবণতঃ বৎসবে আমবা একটা চন্দ্রগ্রহণ এবং একটা সূর্যগ্রহণ লক্ষ্য করি। এই সময়কে গ্রহণ কাল (eclipse season) বলে।

৭৪. সূর্যগ্রহণ (Eclipses of the Sun)

যদিও চন্দ্রের তুলনায় সূর্য ৪০০ গুণ বড় আমবা আকাশে উভয়কেই একই আকারে দেখিতে পাই। ইহার কারণ এই সূর্য পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্বের তুলনায় ৪০০ গুণ দূরে অবস্থিত। ইহা প্রকৃতির নানা বিস্ময়ের একটি ॥

চন্দ্র এবং সূর্যের আকার সময় সময় পরিবর্তিত অবস্থায় আমবা দেখিতে পাই। পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে দেখিলে সূর্যের কৌণিক ব্যাস গড়ে $৩১^{\circ}৫৯''$ এবং চন্দ্রের কৌণিক ব্যাস $৩১^{\circ}৫''$ পরিমিত হইয়া থাকে। কিন্তু সূর্যের কৌণিক ব্যাস গড়ে শতকরা ১.৭ ভাগ এবং চন্দ্রের কৌণিক ব্যাস শতকরা ৭ ভাগ বৃদ্ধি পায়। ফলে চন্দ্রের কৌণিক ব্যাস বৃদ্ধি পাইয়া $৩৩^{\circ}১৬''$ পর্যন্ত হইতে পারে। এই মান সূর্যের কৌণিক ব্যাস অপেক্ষা অনেক বেশী। অতএব চন্দ্র যদি পৃথিবী হইতে নিকটতম দূরত্বে



সূর্যের পূর্ণ গ্রহণ (Total eclipse of Sun)

অবস্থান কবিয়া সূর্যগ্রহণ ঘটান তাহা হইলে চন্দ্রের ছায়ায় সূর্য সম্পূর্ণ-রূপে আচ্ছন্ন হইবার সম্ভাবনা থাকে। এই অবস্থার আমবা সূর্যেব পূর্ণ গ্রহণ (Total eclipse) দেখি।

সূর্যেব পূর্ণ গ্রহণ (Total eclipse of sun) : এই অবস্থায় সূর্য, চন্দ্রকক্ষের নোডাল লাইন বরাবর অবস্থান করিবে এবং চন্দ্র পৃথিবী হইতে এমন দূরে অবস্থান করিবে যেন চন্দ্রের Umbra (চিত্র দেখুন) ভূ-পৃষ্ঠ ছেদ কবে। মনে ককন ভূ-পৃষ্ঠস্থ কোন স্থান \times চন্দ্রের Umbra-এব মধ্যে অবস্থান কবে। এই স্থান হইতে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে। আবার চন্দ্রের Penumbra অধিকতর স্থান লইয়া বিস্তৃত বলিয়া ঐ সমস্ত এলাকা হইতে সূর্যেব আংশিক গ্রহণ দেখা যাইবে।

চন্দ্র ইহাব কক্ষপথে ঘণ্টায় ২১০০ মাইল গতিতে পূর্বদিকে সবিয়া বাব। স্ততবাং ইহাব ছায়া পৃথিবীর উপর দিয়া ঐ গতিতে পূর্বদিকে সবিতে থাকিবে। কিন্তু পৃথিবীও পূর্বদিকে আপন মেরুদণ্ডে ঘুবিতেছে। বিষুব রেখার উপর পৃথিবীর এই আক্ষিক গতি ঘণ্টায় ১০৪০ মাইল। অতএব এই সমস্ত স্থানে চন্দ্রের ছায়া ঘণ্টায় ১০৬০ মাইল বেগে সবিয়া যাইতেছে। বাহা হউক চন্দ্রের Umbra-এব যে অংশ পৃথিবীর উপর পতিত হয় সেই অংশ একটি অঙ্গুরীবাং ভূ-পৃষ্ঠ প্রদক্ষিণ কবে। ইহাকে গ্রহণ-পথ (eclipse path) বলা হয়। এই অঙ্গুরীবা উভয় পার্শে প্রায় ২০০০ মাইল পর্যন্ত আংশিক সূর্যগ্রহণ পবিলক্ষিত হইবে।

পূর্ণ সূর্যগ্রহণ বিজ্ঞানের দৃষ্টিভঙ্গীতে একটি বিশেষ ঘটনা। এই সময় নানা প্রকাব বৈজ্ঞানিক তথ্য সংগ্রহ করিবার অবকাশ হয়। সূর্য-গ্রহণেব প্রথম অবস্থায় চন্দ্র যখন সূর্যকে আচ্ছন্ন করিতে আরম্ভ কবে তখন আমবা ইহাকে “প্রথম স্পর্শ” (first contact) বলি। ইহাব প্রায় এক হইতে দুই ঘণ্টা পূর্ব সূর্য সম্পূর্ণরূপে আচ্ছন্ন হয়। এই অবস্থাকে “দ্বিতীয় স্পর্শ” (Second contact) বলে। এই সময় আকাশ কিছুটা অন্ধকারে আচ্ছন্ন হইয়া আসে, কোন কোন ফুলেব পাপাড়ি বুজিয়া আসে এবং মুরগী ও পাখী সন্ধ্যা ভ্রমে ফুলাব আসিতে থাকে। ইহা

ছাড়া আকাশে ও দুবে দিগন্তে রংয়ের পবিবর্তন সাধিত হয়। এই সময় সূর্যের অভ্যন্তর ভাগ আচ্ছন্ন থাকায় আমবা Corona দেখিতে পাই। ইহা সূর্যের বহির্বাৎসবণে যে গ্যাস-পিণ্ড আছে উহা হইতে বিচ্ছুরিত আলো। স্বাভাবিক অবস্থায় আমবা Corona দেখিতে পাই না। যখন পূর্ণ সূর্যগ্রহণ কাল শেষ হইয়া আসে সেই অবস্থাকে “তৃতীয় স্পর্শ (Third contact) বলে।

পূর্ণ সূর্যগ্রহণের সময় আমবা সূর্য এবং চন্দ্রের পবম্পব অবস্থান নিখুঁতভাবে নির্ণয় করিতে পারি। এই সময় সূর্যের বহির্বাৎসবণের ফটোগ্রাফ লইয়া উহা হইতে নানা তথ্য জ্ঞান যায়। ইহা ছাড়া আবহাওয়া বিজ্ঞানের উপর সূর্যগ্রহণের প্রভাব এবং বায়ুমণ্ডল কতক কিভাবে আলো বিচ্ছুরিত (scattered) হয় সে সম্বন্ধে জ্ঞান লাভ করিতে পারি।

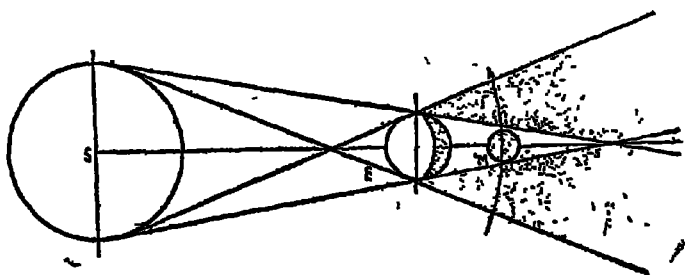
আবও একভাবে সূর্যগ্রহণ আমাদের বিজ্ঞান চর্চায় সাহায্য কবে। “আপেক্ষিক তত্ত্ব” (Theory of Relativity) নিম্মানুসারে আলোর বশি ইহার প্রচার পথে যখন কোন ভারী পদার্থের পার্শ্ব দিয়া যায় তখন ইহার পথ কিছুটা বাঁকিয়া যায়। সূর্যগ্রহণের সময় আকাশে সূর্যের নিকটে অবস্থিত কোন কোন নক্ষত্রকে দেখা যায়। এই সময়ে নক্ষত্রের ফটোগ্রাফ হইতে আমবা আপেক্ষিক তত্ত্বের নিয়মেব সত্যতা পরীক্ষা করিতে পারি।

বৎসবেব অর্ধেকের অধিক সময় আকাশের চন্দ্রে সূর্য অপেক্ষা বৃহত্তর দেখা যায় না। ইহার অর্থ এই যে, চন্দ্রেব Umbra ভূ-পৃষ্ঠ পর্যন্ত পৌঁছিতে পারে না। “এই সময় যে সূর্যগ্রহণ দেখা যায় উহার আকার অঙ্গুরীক হইয়া থাকে (annular eclipse)। ইহা ছাড়া আংশিক (partial) ভাবে সূর্যগ্রহণও ঘটিয়া থাকে। বৈজ্ঞানিক দিক হইতে ইহাদের প্রয়োজনীয়তা এমন বেশী নহে।

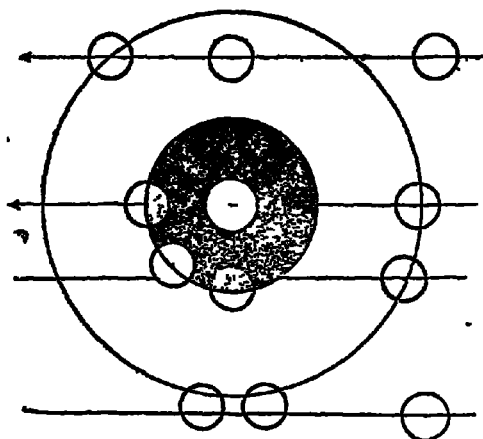
৭৫. চন্দ্রগ্রহণ (Eclipses of the Moon)

পূর্ণিমার ব্যতিক্রমে যখন পৃথিবীর ছায়া (Umbra বা Penumbra) চন্দ্রের উপর পতিত হয় তখন আমরা চন্দ্রগ্রহণ (lunar eclipse) লক্ষ্য করি।

নিম্নেব চিত্রে জ্যামিতির সাহায্যে চন্দ্রগ্রহণ বর্ণনা করা হইল।



(ক)



(খ)

দ্বিতীয় চিত্রে চন্দ্রের কক্ষপথ বরাবর একটি সমতলে পৃথিবীর ছায়া পতিত হইয়া (Umbra এবং penumbra কতৃক সৃষ্টি) দুইটি গোলাকাক এলাকা সৃষ্টি হইয়াছে। পূর্ণিমা-ব দিন চন্দ্রের অবস্থানের উপর নির্ভর করিয়া পূর্ণ (total), আংশিক (partial) অথবা ছায়া (penumbral) চন্দ্রগ্রহণ লক্ষ্য করা যাইবে। সূর্যগ্রহণ হইতে চন্দ্রগ্রহণেব পার্থক্য এই যে সকল স্থান হইতেই চন্দ্রগ্রহণ দেখা সম্ভব। এইজন্য একই স্থানে সূর্যগ্রহণ অপেক্ষা চন্দ্রগ্রহণ সহজে দেখা যায়। চন্দ্রের

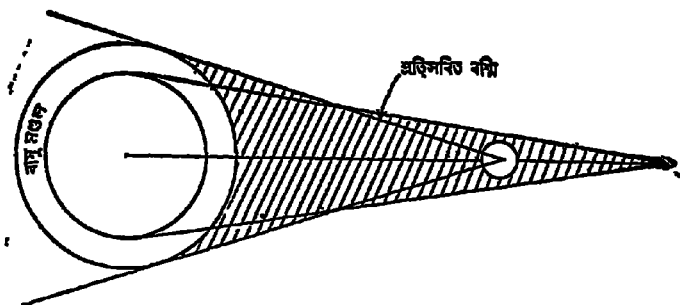
দূরত্বে পৃথিবীর ছায়া (Umbra) ৫৭০০ মাইল ব্যাস লইয়া বিস্তৃত । যেহেতু চন্দ্র হইতে পৃথিবীর দূরত্ব কম-বেশী হইয়া থাকে অতএব উপবোক্ত ৫৭০০ মাইল ব্যাস কিঞ্চিদধিক কম-বেশী হইবে । আবার পৃথিবীর হাঙ্গা ছায়া (Penumbra) চন্দ্রের দূরত্বে প্রায় ১০,০০০ মাইল ব্যাস লইয়া বিস্তৃত থাকে । দ্বিতীয় চিত্রে নানা অবস্থার চন্দ্রগ্রহণ কিরূপে সংঘটিত হইতে পারে তাহা দেখানো হইয়াছে ।

হাঙ্গা চন্দ্রগ্রহণ সাধারণতঃ নাও দেখা যাইতে পারে । সাধারণতঃ Umbra কোণের কেন্দ্র হইতে ৭০০ মাইল পবিত্রিত স্থানের মধ্যে চন্দ্র না আসিলে হাঙ্গা চন্দ্রগ্রহণ দেখা সম্ভব নহে । এই অবস্থার চন্দ্র-পৃষ্ঠের আলোকের ঔজ্জ্বল্যের তাবতম্য খালি চোখে বুদ্ধিতে পাবা যায় না কিন্তু ফটোগ্রাফের সাহায্যে বুদ্ধিতে পাবা যায় ।

প্রত্যেকটি “পূর্ণ” (total) অথবা “আংশিক” (partial) চন্দ্রগ্রহণ ঘটিবার পূর্বে চন্দ্র হাঙ্গা ছায়াবাজ্যের মধ্যে দিয়া অতিক্রম করে । Umbra বা ঘন ছায়াবাজ্যের মধ্যে আসিবার প্রায় ২০ মিনিট সময় পূর্বে চন্দ্র কিছুটা মলিন হইয়া আসে । এই মুহূর্তকে চন্দ্রের “প্রথম স্পর্শ” (first contact) বলে । ইহার পর ততই চন্দ্র ঘনছায়াবাজ্যের প্রবেশ করিতে থাকে ততই সহজে পৃথিবীর বাঁকা ছায়া চন্দ্র-পৃষ্ঠে স্পষ্টরূপে পতিত হইতে দেখা যায় । অ্যারিস্টটল (Aristotle) এই ছায়াবাজ্যের রূপ দেখিয়া বলিয়াছিলেন যে পৃথিবী গোলাকার ।

যদি চন্দ্রগ্রহণ আংশিক হয় তাহা হইলে চন্দ্র পৃথিবীর ঘনছায়াবাজ্যে সম্পূর্ণরূপে প্রবেশ করিবে না বরং উহার এক অংশ হাঙ্গা ছায়াবাজ্যে এবং এক অংশ ঘনছায়াবাজ্যে থাকিবে । পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণের সময় যখন চন্দ্র সম্পূর্ণভাবে পৃথিবীর ঘনছায়াবাজ্যে প্রবেশ করে সেই অবস্থাকে “দ্বিতীয় স্পর্শ” (Second contact) বলে । যখন সম্পূর্ণরূপে চন্দ্র গ্রহণ কবলে পতিত হয় তখন আমরা চন্দ্রকে তাম্রবর্ণ দেখিতে পাই । ইহার কারণ এই যে সূর্য-বশি পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল রুদ্ধক প্রতিসরিত (refracted) হইয়া পৃথিবীর ঘনছায়াবাজ্যের অংশবিশেষ আলোকিত করিয়া থাকে । পৰ-পৃষ্ঠার চিত্র দেখুন ।

যখন চন্দ্ৰ ঘনছায়াবাজ্য অতিক্ৰম কৰিষা বাহিৰে আসিতে আবন্ত
ববে তখন “তৃতীয় স্পৰ্শ” (third contact) এবং শেষ মুহূৰ্তে “শেষ



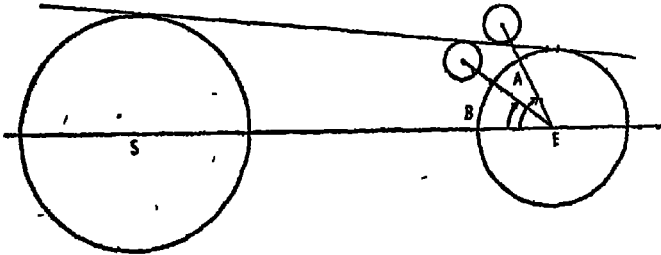
স্পৰ্শ” (last contact) চন্দ্ৰ সম্পূৰ্ণৰূপে “গ্ৰহণ” মুক্ত হয়। চন্দ্ৰেৰ
“গ্ৰহণ কাল” কতক্ষণ হইবে তাহা চন্দ্ৰ ঘনছায়া কোণেৰ (cone)
মধ্যবেৰ্ণাৰ কত নিৰ্ঘটে আসে তাহাৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰিবে। ছায়াৰ
তুলনাব চন্দ্ৰেৰ গতি গড়ে ঘণ্টাৰ ২১০০ মাইল। যদি চন্দ্ৰ ঘনছায়াৰ
বেৰ্ণে প্ৰবেশ কৰিতে সক্ষম হয় তাহা হইলে হাৰ্ভা ছায়াবাজ্যে প্ৰবেশ
মুহূৰ্ত হইতে আবন্ত কৰিষা প্ৰায় ৬ ঘণ্টাকাল পৃথিবীৰ ছায়া-মধ্যে
চন্দ্ৰ থাকিবে। পূৰ্ণ চন্দ্ৰগ্ৰহণেৰ সময় প্ৰায় ১ ঘণ্টা ৪০ মিনিট কাল
বিদ্যমান থাকে।

৭ ৬ গ্ৰহণ সীমা (Ecliptic limits)

আমবা পূৰ্বেই আলোচনা কৰিষাছি যে, চন্দ্ৰ যখন আপন কক্ষপথে
চলিবাব সময় নোডাল বিন্দুৰ সন্নিহিতে আসিবা পূৰ্ণিমা অথবা অমা-
বস্ত্যাব অবস্থায় (phase) আসে তখন প্ৰকাৰভেদে চন্দ্ৰ অথবা
সূৰ্যগ্ৰহণ সংঘটিত হইষা থাকে। যদি চন্দ্ৰ, সূৰ্য এবং পৃথিবী বিন্দুৰ
(points) হইত তাহা হইলে চন্দ্ৰকে একান্তভাবে নোডাল বিন্দুতে
আসিলেই গ্ৰহণ সম্ভব হইত। কিন্তু প্ৰকৃতপক্ষে এই জ্যোতিৰ্গণ্ডলিৰ
প্ৰত্যেকেই অতিকায় গোলাকাৰ বস্তু। অতএব চন্দ্ৰ বা সূৰ্যগ্ৰহণ
ঘটিবাব জন্ত চন্দ্ৰেৰ সম্পূৰ্ণৰূপে নোডাল বিন্দুতে আসিবাব প্ৰয়োজন
নাই। যদি চন্দ্ৰ নোডাল বিন্দুৰ কাছাকাছি অবস্থানে আসে তাহা

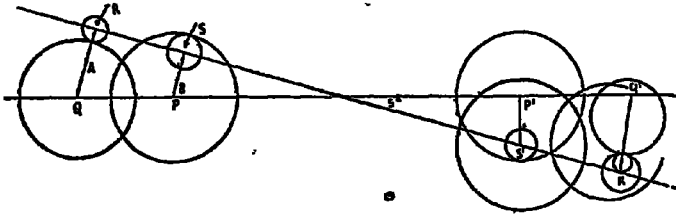
হইলৈই “গ্রহণ” সংঘটিত হইতে পারে। এখন আমাদিগকে নির্ণয় কৰিতে হইবে যে, “চন্দ্ৰ নোডাল বিন্দুৰ কত নিকটে থাকিলে ‘গ্রহণ’ সম্ভব হইবে?”

(ক) সূৰ্যগ্রহণের সীমা (Solar ecliptic limit) : নীচের চিত্র হইতে দেখা যায় যে যদি চন্দ্ৰ, পৃথিবী-সূৰ্য যোগকাৰী কোণেৰ মধ্যে আসে তাহা হইলে ভূ-পৃষ্ঠেৰ কোনও স্থানে সূৰ্যগ্রহণ দেখা যাইবে। এই অবস্থায় জ্যামিতিৰ সাহায্যে A এবং B কোণ নির্ণয় কৰা সহজ হইবে। প্রকৃতপক্ষে A কোণেৰ পৰিমাণ $1\frac{1}{2}^\circ$ এবং B কোণেৰ পৰিমাণ 1° ।

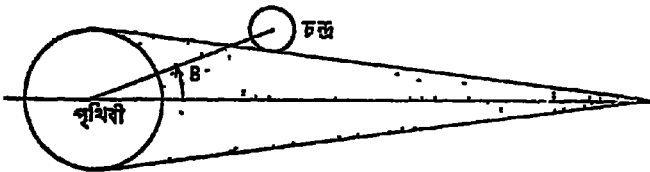


পৰ-পৃষ্ঠাৰ চিত্রে পৃথিবীৰ কক্ষপথেৰ চাৰিডিকে নোডাল বিন্দুৰ নিকটবৰ্তী স্থানসমূহে চন্দ্ৰেৰ পৰিক্রমণ পথ (কক্ষপথ) দেখানো হইয়াছে। নোডাল বিন্দুকে O দ্বাৰা চিহ্নিত কৰা হইয়াছে। চন্দ্ৰকে ইহাৰ পৰিক্রমণ-পথে চাব স্থানে দেখানো হইয়াছে। C চিহ্নিত বৃত্তগুলিৰ দ্বাৰা সূৰ্য পৃথিবী যোগকাৰী কোণেৰ (coae) চন্দ্ৰেৰ দূৰত্বে অভিক্ষেপ বৰ্ণনা কৰা হইয়াছে। এই সমস্ত বৃত্তেৰ কেন্দ্ৰগুলি Q, P, P¹, Q¹ দ্বাৰা চিহ্নিত কৰা হইয়াছে। যদি সূৰ্য Q নামক স্থানে থাকিবাব সময় R নামক স্থানে চন্দ্ৰেৰ অমাবস্তা সংঘটিত হয় তাহা হইলে চন্দ্ৰ এবং সূৰ্যেৰ কেন্দ্ৰ যোগকাৰী রেখা A কোণ ব্যবধানে থাকিবে এবং এই সময়ে ভূ-পৃষ্ঠে কোনও না কোন স্থানে সূৰ্যগ্রহণ দেখা যাইবে। সেইকপ Q¹ এবং R¹ অবস্থান বৰ্ণনা কৰা যায়। Q Q¹-এৰ বাহিৰে সূৰ্যেৰ অবস্থানেৰ সময় অমাবস্তা হইলে সূৰ্যগ্রহণ দেখা যাইবে না। যদি সূৰ্য P এবং P¹-এৰ মধ্যে যে কোন স্থানে অবস্থান কৰিবাব সময় S, S¹ স্থানে চন্দ্ৰেৰ অমাবস্তা ঘটে তাহা হইলে সূৰ্যগ্রহণ দেখা যাইবে। QQ¹ অথবা QQ¹-এৰ কৌণিক

দুবন্ধকে “গ্রহণ সীমা” (Ecliptic limit) বলে। ইহা সহজেই নির্ণয় করা যায় যে, QQ^1 এবং PP^1 -এর কৌণিক দূরত্ব যথাক্রমে ১৭° এবং ১০° ।



(খ) চন্দ্রের গ্রহণ-সীমা (lunar ecliptic limits): সূর্যের আলোক পৃথিবীর উপর পতিত হইয়া বিপবীত দিকে যে ঘনছায়াব কোণ (Umbra cone) সৃষ্ট হয় উহার কেন্দ্রীয় সবলবেখা ecliptic-এর উপবিশ্ব সূর্যের অবস্থানের বিপবীত দিকের বিন্দুর মধ্য দিয়া যায়। সূর্যবাং পূর্ণিমা-এর সময় চন্দ্র যদি ecliptic (এক্লিপটিক)-এর নিকটে (অর্থাৎ নোডাল বিন্দুর নিকটে) অবস্থান করে তাহা হইলে ইহা এই ঘনছায়াবাজ্যে প্রবেশ করিতে পারে এবং ইহার ফলে চন্দ্রগ্রহণ দেখা সম্ভব হয়। নিম্নের চিত্রে চন্দ্র পৃথিবীর ঘনছায়াব স্পর্শ করিয়াছে। অতএব যদি চন্দ্রের অবস্থান B কোণের অধিক হয় তাহা হইলে চন্দ্রগ্রহণ সম্ভব নহে। B কোণের পরিমাণ ১° অপেক্ষা সামান্য কম। পৃথিবীর ঘনছায়াব কেন্দ্রীয় সবলবেখা এবং সূর্য-নোডাল বিন্দু যোগকারী



সবলবেখার অভ্যন্তরস্থ যে বৃহত্তম কোণের জগৎ চন্দ্র ঐ কেন্দ্রীয় সবলবেখার B কোণের মধ্যে অতিক্রম করিতে পারে সেই বৃহত্তম কোণের পরিমাণকে চন্দ্রের গ্রহণ-সীমা (lunar ecliptic limit) বলে। সূর্যের গ্রহণ-সীমার মতই চন্দ্রের সাহায্যে এই সীমা নির্ণয় করিয়া দেখানো যায় যে, ইহার মান $৯^\circ ৩০'$ এবং $১২^\circ ১৫'$ -এর মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকিবে।

৭.৭. গ্রহণাবলীর পুনরাবৃত্তি (Recurrence of Eclipses)

পুণ্যাতনকালের জ্যোতিষবিদেবা লক্ষ্য কবিশাছিলেন যে, নিবন্ধিত-ভাবে একই সময় পব পব একইরূপ চন্দ্র বা সূর্যগ্রহণ সংঘটিত হইয়া থাকে। গ্রহণ সময়ের এই নিয়ম লক্ষ্য কবিশা তাঁহাবা ভবিষ্যতেব গ্রহণ-কাল নির্ণয় কবিত্তে সক্ষম হইয়াছিলেন।

একইরূপ ‘গ্রহণ’ কখন সম্ভব : একবার চন্দ্র বা সূর্যগ্রহণের পব পুনরায় কখন অনুক্রম গ্রহণ সম্ভব হইবে যদি, (১) চন্দ্র আবাব পূর্ণিমা অথবা অমাবস্ত্যাব অবস্থায় ফিবিয়া আসে, (২) চন্দ্র নোডাল বিন্দু হইতে সমান দূরে পূর্বাবস্থায় ফিবিয়া আসে এবং (৩) সূর্য ও চন্দ্র পৃথিবী হইতে একই দূরত্বে ফিবিয়া আসে। অর্থাৎ আজ যে অবস্থায় চন্দ্র বা সূর্যগ্রহণ সংঘটিত হইল ঠিক আবাব বন্ধন চন্দ্র, পৃথিবী এবং সূর্য পদ্বন্দ্বপব অনুক্রম অবস্থায় ফিবিয়া আসিবে তখন অনুক্রম গ্রহণ সংঘটিত হইবে।

আমরা প্রথমে (১) এবং (২) নং শর্তগুলি বিবেচনা কনি। চন্দ্রকে একই অমাবস্ত্য বা পূর্ণিমাব অবস্থায় ফিবিয়া আসিত্তে কয়েকটি পূর্ণ সাইনডিক মাস অতিক্রম কবিত্তে হইবে। আবাব ইহাব করুপথে নোডাল বিন্দু হইতে একই দূরত্বে আসিত্তে হইলে কয়েকটি পূর্ণ-সংখ্যক নোডাল মাস অতিক্রম কবিত্তে হইবে।

এখন সাইনডিক মাসের সময় ২৯.৫৩০৬ দিন এবং নোডাল মাসের সময় ২৭.২১২২ দিন। কিত্ত ৪৭ সাইনডিক মাস এবং ৫১ নোডাল মাস প্রায় সমান অর্থাৎ

$$৪৭ \times ২৯.৫৩০৬ = ১৩৮৭.৯৩৮ \text{ দিন}$$

$$৫১ \times ২৭.২১২২ = ১৩৮৭.৮২২ \text{ দিন।}$$

মনে করুন আজ একটি সূর্যগ্রহণ সংঘটিত হইল, আজ হইতে ৪৭ ভগ অমাবস্ত্যাব চন্দ্র একই নোডাল বিন্দু সংলগ্ন স্থান হইতে দশমাংশ দিনেব পথ দূরে থাকিবে। যেহেতু চন্দ্র ১ পূর্ণ দিনে মাত্র ১৩° দূরে সরিয়া যায়। অতএব দ্বিতীয় অনুক্রম সূর্যগ্রহণ ঘটাবাব সময় চন্দ্র ও সূর্য নোডাল বিন্দুর তুলনায় পূর্বাবস্থায় হইতে মাত্র ১° তফাতে

থাকিবে। এইরূপে আবাব ৪৭ সাইনডিক মাস পবে তৃতীয় সূর্যগ্রহণেব সমব চন্দ্র আবাব ১° দূবে সবিষা যাইবে। এইরূপে চন্দ্রেব আপেক্ষিক অবস্থান একদিক হইতে অন্যদিকেব গ্রহণ সীমাব মধ্যে প্রায় ৩৫° পার্থক্য হইতে প্রায় ৩০ টি অনুবপ গ্রহণ ঘটবা থাকিবে।

পূর্ববর্তী আলোচনায ৪৭ সাইনডিক মাস পব পব যে গ্রহণ দেখা যাইবে সেই গ্রহণগুলিব কোনটা পূর্ণ (total) কোনটা অঙ্গুীববং (annular) দেখা যাইবে। ইহাদেব পব পব দুইটি গ্রহণই পূর্ণ বা অঙ্গুীববং দেখা যাইতে পারবে তখনই যখন সূর্য, পৃথিবী এবং চন্দ্রেব পবস্পব আপেক্ষিক দূবত্ব পুবাভন অবস্থায় ফিবিয়া আসে। চন্দ্র ও পৃথিবীর কক্ষপথগুলি উপবৃত্তাকাব বলিযা চন্দ্র পৃথিবী হইতে সমান দূবে অবস্থিত নহে। পৃথিবীর নিকটতম দূবত্বে চন্দ্র প্রায় ২৭ ৫৫৪৫৫ দিনে ফিবিয়া আসে। ইহাকে (anomalous) অ্যানোম্যালিস্টিক মাস বলে। দেখা যায় যে,

$$২২৩ \text{ সাইনডিক মাস} = ৬৫৮৫ ৩২১ \text{ দিন}$$

$$২৪২ \text{ নোডাল মাস} = ৬৫৮৫ ৩৫৭ \text{ দিন}$$

$$২৩৯ \text{ অ্যানোম্যালিস্টিক মাস} = ৬৫৮৫ ৫৩৮ \text{ দিন}$$

অতএব, আমবা আশা কবিতে পাবি যে, ২২৩ সাইনডিক মাস পব সূর্য ও চন্দ্রগ্রহণগুলি পর্যায়ক্রমে একইভাবে ঘটতে থাকিবে। ইহাব সমব প্রায় ১৮ বৎসব। এই সমবেব ব্যবধানকে 'Chaldean Saros' বা 'সারোস' বলে। অর্থাৎ প্রায় ১৮ বৎসব পব পব চন্দ্র ও সূর্যগ্রহণগুলি একইভাবে এবং প্রায় একই সমবে ঘটতে থাকিবে। ১৯৩৭, ১৯৫৫ সালেব পূর্ণ সূর্যগ্রহণ সহজে আমবা জানি। আবাব ১৯৭০ সালে অনুবপ সূর্যগ্রহণ ঘটবে।

৭৮ 'গ্রহণ'-সংশ্লিষ্ট অন্যান্য নৈসর্গিক ঘটনাবলী (Related Phenomenon)

(ক) অকালটেশন : এ পর্যন্ত সূর্য, পৃথিবী এবং চন্দ্রেব পবস্পবেব অবস্থান সংজ্ঞান্ত ঘটনা সূর্যগ্রহণ এবং চন্দ্রগ্রহণ সহজে আলোচনা কবা হইযাছে। চন্দ্র কখনও কখনও পৃথিবী এবং দূববর্তী একটি নক্ষত্রেব দৃষ্টপথে আসায আমবা কিছুকণেব জন্ত নক্ষত্রটিকে দেখিতে পাই না।

ইহাকে অকালটেশন (occultation) বলে। ইহা সূর্যগ্রহণেব মতই, প্রভেদ এই যে সূর্যেব পরিবর্তে নক্ষত্রেব গ্রহণ ঘটিয়া থাকে। চন্দ্র যখন অমাবস্তা এবং পূর্ণিমাৰ মধ্যবৰ্তী কোন অবস্থায় (Phase) থাকে তখন ইহাৰ পূৰ্ব অংশ ক্ৰমবৰ্ণ থাকে। যখন এই ক্ৰমবৰ্ণ অংশেব ধাব কোন নক্ষত্রেব দৃষ্টিকে আচ্ছন্ন কৰে তখন সেই নক্ষত্ৰ হঠাৎ অদৃশ্য হ'ব এবং প্ৰায় ১ ঘণ্টাকাল অদৃশ্যই থাকে।

নক্ষত্রেব এই আকস্মিকভাবে অদৃশ্য হওযাব জন্ত ইহা প্ৰমাণিত হয় যে, চন্দ্রে কোন বায়ুমণ্ডল নাই। কেননা কোন বায়ুমণ্ডল থাকিলে নক্ষত্ৰ হইতে নিৰ্গত আলো বায়ুমণ্ডলেব মध्ये প্ৰবাহিত হইবাব সম্ভব প্ৰতিসৰিত হইত এবং বাঁকা পথে আমাদেব দৃষ্টিতে আসিত।

অকালটেশনেব সাহায্যে চন্দ্রেব প্ৰকৃত অবস্থান নিৰ্ণয় কৰা সহজ হয়।

(খ) ট্ৰান্‌জিট (Transits): সূৰ্য হইতে পৃথিবী অপেক্ষা নিকটবৰ্তী দূৰত্বে অবস্থিত গ্রহগুলি (Venus বা Mercury) কখনও কখনও পৃথিবী ও সূৰ্যেব সহিত সমবেশ (conjunction) হইয়া থাকে। এই অবস্থায় যখন একটি গ্রহ পৃথিবী এবং সূৰ্যেব মাঝখানে আসিবা পড়ে এবং সূৰ্যকে এক ধাব হইতে অতিক্ৰম কৰিবা জন্ত ধাৰে আসিবা পড়ে, এই অবস্থাকে জ্যোতিৰ্বিদবা ট্ৰান্‌জিট (transit) বলেন।

প্ৰশ্নমালা—৭

১। প্ৰতি অমাবস্তা এবং প্ৰতি পূর্ণিমাৰ আমবা বথাক্ৰমে সূৰ্য গ্রহণ এবং চন্দ্রগ্রহণ দেখি না কেন?

২। চন্দ্রগ্রহণ অপেক্ষা সূৰ্যগ্রহণেব সংখ্যা অধিক হওয়া সত্ত্বেও আমবা পূৰ্ণ সূৰ্যগ্রহণ বেশী দেখি না কেন?

৩। পূৰ্ণ সূৰ্যগ্রহণেব সম্ভব আমবা সূৰ্যেব কি কি বিশেষত্ব লক্ষ্য কৰিতে পাৰি?

৪। জুপিটাৰেব ব্যাস প্ৰায় ৮৬,০০০ মাইল এবং নেপচুনেব ব্যাস প্ৰায় ৩০,০০০ মাইল। ইহা সত্ত্বেও নেপচুনেব ঘনছায়া কোণ (cone) জুপিটাৰেব ঘনছায়া কোণ অপেক্ষা বিস্তৃত দীৰ্ঘ। ইহাৰ কাৰণ বৰ্ণনা কৰুন।

(Insert more examples from Astronomy by Sarkar)

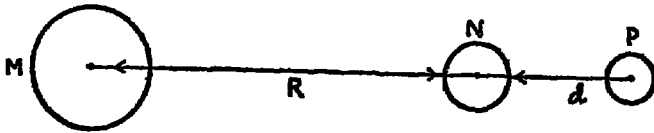
অষ্টম অধ্যায়

জোয়ার-ভাটা এবং পৃথিবীর বতুলাকার আবর্তনের ফল

(TIDES AND PRECESSION)

৮.১ মাধ্যাকর্ষণের প্রভেদ

দুইটি নিকটবর্তী গোলাকাক জ্যোতিষকে যখন দূরবর্তী একটি বৃহৎ গোলাকাক জ্যোতিষ আকর্ষণ করে তখন ঐ মাধ্যাকর্ষণের মধ্যে প্রভেদ দেখা যায়। মনে করুন M একটি বৃহৎ জ্যোতিষ এবং N, P দুইটি নিকটবর্তী



জ্যোতিষ। M হইতে N -এর দূরত্ব R , N হইতে P -এর দূরত্ব (d) তুলনায় অনেক বেশী। এমন অবস্থায় যদি M , N -এর আকর্ষণ F , এবং M , P -এর মাধ্যাকর্ষণ F_2 হয়, তাহা হইলে

$$F_1 = \frac{GM}{R^2}, \quad F_2 = \frac{GM}{(R+d)^2}$$

G ≡ মাধ্যাকর্ষণীয় সংখ্যা,

N এবং P -এর উপস্থিতি একক পরিমাণের উপর আকর্ষণ স্থির করিবে। F_1 এবং F_2 -এর সূত্র হইতে দেখা যায় যে, F_1 -এর মান F_2 -এর মান অপেক্ষা বৃহত্তর এবং

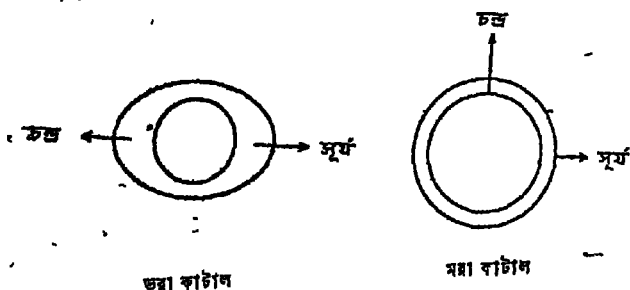
$$\begin{aligned} F_1 - F_2 &= \Delta F = GM \left(\frac{1}{R^2} - \frac{1}{(R+d)^2} \right) \\ &= GM \frac{d(2R+d)}{R^3(R+d)^2} \\ &\approx 2GM \cdot \frac{d}{R^3}, \text{ যদি } R+d \approx R \text{ ধরা হয়।} \end{aligned}$$

শীত হয় অর্থাৎ গতিশীল হইয়া থাকে। ইহাব অর্থ এই নয় যে, সমুদ্রের জলবাশি চন্দ্র কর্তৃক আকৃষ্ট হইয়া কাঁপিয়া উঠে। চন্দ্র যেখানে ঠিক জেনিথে (Zenith) বা নাদির (Nadir)-এ অবস্থিত সেই স্থানের “জোয়ার শক্তি” প্রভাবে ফলে জলরাশি কোনই গতি নাই যদিও এই স্থানে জলবাশি শক্তি সর্বাধিক।

চন্দ্র ছাড়া সূর্যের প্রভাবেও সমুদ্রে জোয়ার-ভাটা হইয়া থাকে। যদিও পৃথিবীর উপর সূর্যের আকর্ষণ-শক্তি, চন্দ্রের আকর্ষণ-শক্তি চেয়ে ১৫০ গুণ বেশী কিন্তু চন্দ্রের আকর্ষণ-প্রভাবের প্রভেদ সূর্যের আকর্ষণ-প্রভাবের প্রভেদের অর্ধেক হওয়ায় জোয়ার-ভাটা প্রকৃতপক্ষে চন্দ্রের আকর্ষণের ফলেই হইয়া থাকে। চন্দ্র পৃথিবীর অতি নিকটে আছে বলিয়া ইহাব আকর্ষণ-প্রভেদ অধিক।

যদি চন্দ্র না থাকিত তাহা হইলে সূর্যের প্রভাবে যে জোয়ার-ভাটা হইত তাহাব পরিমাণ বর্তমান জোয়ার-ভাটার অর্ধেক হইত। এখন যদি চন্দ্র এবং সূর্যের প্রভাব পরস্পরকে সাহায্য করে তাহা হইলে স্বাভাবিক জোয়ার-ভাটার ফল অধিক হইয়া থাকে। ইহা অমাবস্যা বা পূর্ণিমার সময় হইবার কথা। কেননা এই সময় সূর্য, চন্দ্র এবং পৃথিবী এক সলবেখায় অবস্থিত থাকে। ইহাকে ভবা কটাল (Spring tides) বলে।

বিপরীত পক্ষে চন্দ্র যখন অষ্টমীতে (first quarter) অবস্থান করে তখন চন্দ্র এবং সূর্যের প্রভাবদ্বয় পরস্পরকে হ্রাস করে। ইহাব ফলে যে “জোয়ার ভাটা” উৎপন্ন হয় তাহাকে মবা কটাল (neap tides) বলে। নিম্নের চিত্র দেখুন।



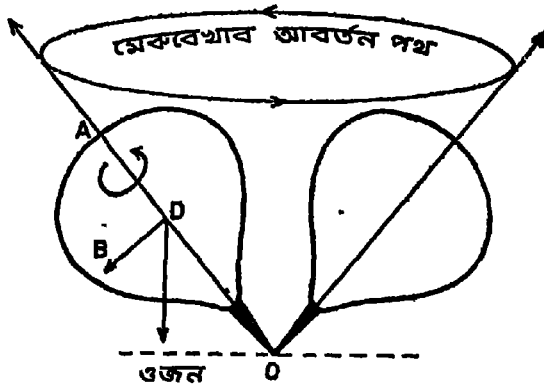
১.৩ অগ্নচলন (Precession) বা লাটিমেৰ গ্ৰায় আবৰ্তন

পৃথিবী আপন মেকদণ্ডেৰ চাৰিডিকে ২৪ ঘণ্টাৰ একবাৰ আবৰ্তন কৰে। এই গতি প্ৰায় ঘণ্টাৰ এক হাজাৰ মাইলেৰও অধিক। এই দ্ৰুত গতিতে আবৰ্তনেৰ ফলে পৃথিবীৰ আকৃতি সম্পূৰ্ণভাবে গোলাকাৰ না হইয়া কমলালেবুৰ গ্ৰায় উত্তৰ দক্ষিণে কিছুটা চ্যাপ্টা হইয়াছে। অৰ্থাৎ বিষুববেখা বৰাবৰ পৃথিবীৰ ব্যাস, মেকবেখা বৰাবৰ ব্যাস অপেক্ষা ২৭ মাইল অধিক। অতএব বিষুববেখা বৰাবৰ পৃথিবীৰ উপবিভাগ স্তূলাকাৰ ৰূপ ধাৰণ কৰিযাছে। এই বিষুববেখা বৰাবৰ যে সমতল কল্পনা কৰা যায় তাহা এক্সিপটিকেৰ সহিত ২৩½ ডিগ্ৰী এবং চক্ৰেৰ কৰপথেৰ সহিত ৫ ডিগ্ৰী কোণে অবস্থিত। সূৰ্য এবং চক্ৰেৰ “মাধ্যাকৰ্ষণেৰ প্ৰভেদ” (এই অধ্যায়েৰ প্ৰথম অংশ দৃষ্টব্য) পৃথিবীৰ উপৰ জ্যোতিষ-ভাটা সৃষ্টি কৰা ছাড়াও বিষুব সমতলকে এক্সিপটিকেৰ সমতলেৰ দিকে আকৰ্ষণ কৰিযা থাকে। পৃথিবীৰ উপৰ সূৰ্য এবং চক্ৰেৰ “মাধ্যাকৰ্ষণেৰ প্ৰভেদ” এমনভাবে প্ৰভাৱ বিস্তাৰ কৰে যেন পৃথিবীৰ মেকদণ্ডবেখা অতি ধীবে দিক পৰিবৰ্তন কৰিতে থাকে। কিভাবে এই মেকদণ্ড বেখা দিক পৰিবৰ্তন কৰে তাহা বুজিতে হইলে আমবা সংক্ষেপে একটা সাধাৰণ লাটিমেৰ আবৰ্তন সম্বন্ধে আলোচনা কৰিব।

লাটিমেৰ আবৰ্তন : একটা আবৰ্তন গীল লাটিমেৰ গতি লক্ষ্য কৰুন। যদি লাটিমেৰ অক্ষবেখা (axis) বা মেকবেখা সম্পূৰ্ণৰূপে খাড়া (vertical) না থাকে অৰ্থাৎ লাটিমটি যদি সোজাভাবে আবৰ্তন না কৰিতে থাকে তাহা হইলে ইহাৰ ওজন- লাটিমটিকে মাটিতে ফেলিয়া দিতে চেষ্টা কৰিবে (পৰ পৃষ্ঠাৰ চিত্ৰ দেখুন)।

যাহা হউক লাটিমটি যখন হেলান অবস্থায় আবৰ্তন কৰে তখন ইহাৰ ওজনেৰে যে অংশ মেকবেখাৰ সহিত লহালহি থাকে সেই অংশই কেবলমাত্ৰ লাটিমেৰ মেকবেখাৰ অবস্থানকে প্ৰভাৱান্বিত কৰিবে। আমবা হবত নিশ্চয়ই লক্ষ্য কৰিযাছি যে, হেলানো লাটিম মাটিতে পড়িযা বায় না কিন্তু ইহাৰ মেকবেখা বিশেষভাবে স্বত্বাকাবে ঘূৰিতে

থাকে। চিত্রে মেকবেখা OA এবং DB বেখায দ্বারা যে সমতল নির্দিষ্ট হইবে, মেকবেখা সর্বদাই সেই সমতলের সহিত লম্বভাবে গতিশীল থাকিবে। যতক্ষণ লার্টমের আবর্তন (spin) অপরিবর্তিত

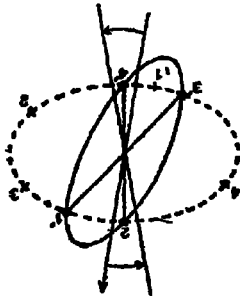


থাকিবে ততক্ষণ মেকবেখা একইভাবে হেলানো থাকিবা একটি কোণে আবর্তন করিবে (conical motion)। এই কৌণিক আবর্তনকে বিজ্ঞানের ভাষায় অখনচলন (precession) বলে।

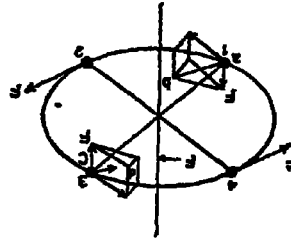
নিউটনের সূত্রের সাহায্যে অখনচলনের কারণ বর্ণনা : গতি-বিষয়ক তিনটি সূত্র সর্বপ্রথম নিউটন আবিষ্কার করেন। এই তিনটি সূত্রের সাহায্যে আমরা অখনচলনের কারণ বর্ণনা কবিত্তে পাবি। আমরা প্রথমে খাতব পদার্থের সমান দুইটি কাঠি আড়া-আড়িভাবে (perpendicular) লইয়া উহাদের উভয় প্রান্তে সমান ওজনের একই পদার্থের তৈরী চাবিট বল সংযুক্ত কবি। মনে ককন এই সবজামটি সমতলে রাখিয়া উহাদের কেন্দ্রবিন্দুকে স্থির রাখিয়া ভূমি-সংলগ্ন সমতলে ঘুয়াইতে থাকুন। এই সবজামকে জাইরোস্কোপ (gyroscope) বলে (পব-পৃষ্ঠার চিত্র দেখুন)।

যখন জাইবোস্কোপটি সমতলে ঘুবিতেছে তখন চাবিট বলই ভূমি-সংলগ্ন সমতলে (horizontal plane) অবস্থিত বা আমরা মনে কবিত্তে পারি যে বলগুলি কেন্দ্রসমূহ একই সমতলে অবস্থিত। এখন মনে ককন

২নং এবং ৪নং বল দুইটি সংযোগকারী কাঠি এবং জাইবোস্কোপের অক্ষবেখা দ্বারা নির্দিষ্ট সমতলেব আড়াআড়ি অক্ষবেখার উপর P পবিমাণ



১ নং চিত্র



২ নং চিত্র

একটি চাপ বা জোষ দেওয়া হইল (আমরা অঙ্গুলীর অগ্রভাগ দ্বারা এই অক্ষবেখার কাঠিতে ঠেস দিয়া ধরিতে পারি)। আমাদের প্রদত্ত জোষ কাঠি দুইটির মধ্য দিয়া বলগুলিকে প্রভাবান্বিত করিবে। ১নং বলটি উপবেগ দিকে ৩নং বল নীচের দিকে এই জোষের প্রভাব অনুভব করিবে। পক্ষান্তরে ২নং এবং ৪নং বল দুইটি খাড়াভাবে এই জোষের কোন প্রভাবই অনুভব করিবে না। অতএব ৩নং এবং ৪নং বল একইভাবে ঘূর্ণিতে থাকিবে কিন্তু ১নং এবং ২নং বল দুইটি যথাক্রমে ab এবং cd বেখার দিকে গতিশীল হইবে। আবর্তন কালে বলগুলির অবস্থান কিকপ হইবে তাহা ২নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। দেখা যায় যে, এই জোষ আবোপ করার ফলে জাইবোস্কোপের অক্ষবেখা পূর্বাবস্থায় না থাকিয়া নূতন অবস্থানে আসিয়াছে। আবার দেখা যায় যে এই অক্ষবেখা, যে দিকে জোষ দেওয়া হইয়াছে তাহার আড়াআড়ি (perpendicular) দিকে 'দিক' পরিবর্তন করে। উপবেগ সংক্ষিপ্ত আলোচনা কোনক্রমেই নিখুঁত না হইলেও মোটামুটিভাবে অমনচলনের কারণ বুঝিতে সাহায্য করিবে।

পৃথিবীর অমনচলনঃ পৃথিবীর অভ্যন্তর এবং উপবিভাগের পদার্থ সর্বত্র সমভাবে বিস্তৃত নহে। ইহা ফলে পৃথিবীর উপর সূর্যের মাধ্যাকর্ষণ শক্তির প্রভাব একইরূপ নহে। পৃথিবীর বিষুব অঞ্চল

ববাবর সূর্য এবং চক্রেব মাধ্যাকর্ষণ শক্তির প্রভাবে বিবুধ চক্রে (Equator) এক্সিপটিক চক্রেব ববাবর আনয়ন কবিবাব চেটা কবে। অর্থাৎ পৃথিবীব অক্ষবেখা, এই মাধ্যাকর্ষণের ফলে এক্সিপটিকেব অক্ষবেখাব সহিত যুক্ত হইবাব প্রবাস পাব। ইহার ফলে সমস্ত পৃথিবীটা একটা লাটিমের মত আবর্তন কবে। পৃথিবীব অক্ষবেখা (axis), এক্সিপটিকেব সমতলের উপব অঙ্কিত লম্বরেখাব চারিদিকে একটা কাল্পনিক কোণে আবর্তন কবে। পৃথিবীব অক্ষরেখা, এক্সিপটিকেব লম্বরেখাব সহিত সর্বদা $২৩\frac{১}{২}^{\circ}$ কোণে (angle) অবস্থান কবে। একবাব সম্পূর্ণভাবে ঘূরিব। আসিতে পৃথিবীর অক্ষরেখা প্রায় ২৬,০০০ বৎসব সময় গ্রহণ কবে।

পৃথিবীব অয়নচলনের অর্থ এই যে, আকাশে স্থির নক্ষত্রসমূহেব পটভূমিকাব, পৃথিবীর অক্ষরেখা বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন নক্ষত্রেব ববাবর থাকে। বর্তমানে পোলাবিস নক্ষত্রেব (polaris) দিকে এই অক্ষরেখা নিবিষ্ট আছে বলিবা আমবা রাত্রিকালে আকাশে পোলাবিস নক্ষত্রেব স্থিৰ দেখিতে পাই। প্রায় ১২০০০ বৎসব পূর্বে আকাশে "ভেগা" (Vega) নক্ষত্রেব স্থিৰ দেখা বাইত।

একুইনক্সের অয়নচলন: পৃথিবীব বিবুবতল (plane of the equator) এক্সিপটিকেব সমতলের সহিত $২৩\frac{১}{২}^{\circ}$ কোণে সর্বদাই অবস্থান কবে। যেহেতু পৃথিবী লাটিমের মত আবর্তন কবিতেকে, অতএব বিবুবতলের সহিত এক্সিপটিকেব তল যে সবলরেখাব ছেদ কবিবাকে সেই রেখাও ২৬০০০ বৎসবে একবাব আবর্তন কবিবা আসিবে। ইহাব ফলে একুইনক্স বিবু দুইটি (Equinoxes) এক্সিপটিকেব উপর বৎসবে $\frac{১ \times ৩৬০^{\circ}}{২৬০০০}$

ডিগ্রী অর্থাৎ প্রায় $৫০''$ (বক্রবেখা বা arc) পশ্চিম দিকে সবিবা বাইতেছে। প্রতি বৎসব সূর্য প্রায় ২০ মিনিট অধিক সবিবা আসিবাব পব ভারনাল একুইনক্সেব (Vernal Equinox) সহিত মিলিত হব। এইভাবে সাইডেরিষাল বৎসবেব তুলনাব আমাদেব বৎসব প্রায় ২০ মিনিট কমিতে থাকে। ইহার ফলে, মহাপুত্রে পৃথিবীব বিভিন্ন অবস্থানের সময়ে একই "ঋতু" (season) কাল সংঘটিত হইতে পাবে।

প্ৰশ্নমালা-৮

১। পৃথিবীকে চক্ৰ অপেক্ষা ৮০ গুণ বড় এবং সূৰ্য্যেৰ তুলনাৰ ৩০০,০০০ গুণ কম এবং পৃথিবী হইতে সূৰ্য্যেৰ দূৰত্ব চক্ৰেৰ দূৰত্বেৰ তুলনাৰ ৪০০ গুণ বেশী ঘৰিষা পৃথিবীৰ উপৰ চক্ৰ-সূৰ্য্যেৰ জ্যোতিৰ-ভাট্টা স্ফটিকাবী প্ৰভাবেৰ পৰিমাণ মোটামুটিভাবে নিৰ্ণয় কৰুন।

২। বৰ্ণনা কৰুন কেনে উত্তৰাকাশেৰ ঞ্ৰব নক্ষত্ৰ, এক্সিপটিকেৰ পোল (pole) বিন্দুকে কেন্দ্ৰ কৰিষা আকাশে বৃত্তাকাৰে ভ্ৰমণ কৰে।

৩। ১৮০০০ খ্ৰীষ্টাব্দে ঢাকা হইতে আকাশেৰ দিকে লক্ষ্য কৰিলে কোন সাবকম্পোলাৰ কন্স্টিলেশনকে দেখা যাইবে? আজকালকাৰ আকাশে কোন কন্স্টিলেশনকে দেখা যাব?

৪। ১৩,০০০ খ্ৰীষ্টাব্দে অৰিয়ন (Orion)-কে উত্তৰ মেৰুবিষ্ট হইতে সাবকম্পোলাৰ নক্ষত্ৰ হিসাবে দেখা যাইবে কেনে তাহা বৰ্ণনা কৰুন।

৫। পৃথিবীৰ অৱনচলন এবং পৃথিবীৰ উপবিষ্ট স্থানসমূহেৰ অক্ষাংশ পৰিৱৰ্তনকাৰী প্ৰভাৱসমূহেৰ মध्ये প্ৰভেদ কি তাহা বৰ্ণনা কৰুন।

৬। সাইডেৰিয়াল বৎসৰ এবং ট্ৰপিকাল (tropical) বৎসৰ-এৰ মध्ये প্ৰভেদ কি তাহা বৰ্ণনা কৰুন।

নবম অধ্যায়
সৌরজগৎ
(SOLAR SYSTEM)

প্রাচীনকালের জ্যোতিষিদেবী পৃথিবীকে সৃষ্টিৰ কেন্দ্ৰস্থলে কল্পনা কৰিষা মনে কৰিতেন যে, চন্দ্ৰ, সূৰ্য্য এবং অগ্ৰাণ্ণ গ্ৰহগুলি পৃথিবীৰ চাৰি-দিকে রাশিচক্ৰেৰ মধ্য দিষা আবৰ্তন কৰিতেছে। প্ৰকৃতপক্ষে আমবা যাহাকে সৌৰজগৎ বুলি উহাৰ প্ৰধান জ্যোতিক পৃথিবী নহে। সূৰ্যই সৌৰজগতেৰ শ্ৰেষ্ঠ জ্যোতিক এবং সৌৰজগৎ মহাবিশ্বেৰ যে আংশিক স্থান জুড়িষা আছে সেই স্থানেৰ বাবতীৰ জ্যোতিকেৰ বস্তুৰ পৰিমাণ (সূৰ্য ছাড়া) সূৰ্যেৰ বস্তুৰ তুলনাৰ অতি নগণ্য। সৌৰজগতেৰ সমস্ত বস্তুৰ ণতকবা ৯৯'৯ ভাগ বস্তু লইষা সূৰ্য গঠিত। বাকী ণতকবা '১ ভাগ লইষা গ্ৰহগুলি, ধুমকেতু, উটাপিণ্ড এবং অগ্ৰাণ্ণ উপগ্ৰহগুলি সৃষ্ট হইবাহে। আমবা পূৰ্বে চন্দ্ৰ ও পৃথিবী সম্বন্ধে আলোচনা কৰিষাছি। এক্ষণে আমবা সৌৰজগতে অগ্ৰাণ্ণ জ্যোতিকেৰ বিবৰণ পাঠ কৰিব। প্ৰথমে সাধাৰণভাবে আমবা সৌৰজগতেৰ গুণাবলী আলোচনা কৰিব।

৯১. সৌৰজগতেৰ অধিবাসীস্বৰূপ

সৌৰজগতেৰ সৰ্ববৃহৎ জ্যোতিক সূৰ্য বুলিষাই আমবা মহাবিশ্বেৰ এই অংশকে সৌৰজগৎ বুলি। অগ্ৰাণ্ণ জ্যোতিকগুলিৰ মধ্যে পৃথিবীকে লইষা ৯টি গ্ৰহ এবং তাহাদেৰ উপগ্ৰহগুলি প্ৰধান। ইহা ছাড়া এই সৌৰজগতেৰ মধ্যে আমবা ধুমকেতু (Comets), আস্টাৰয়েড (Asteroids), উটাপিণ্ডসমূহ (Meteorites) দেখিতে পাই। সৌৰজগৎ একটি প্ৰকাণ্ড অংশ জুড়িষা আছে। ইহাৰ সৰ্বাপেক্ষা দূৰবৰ্তী গ্ৰহ সূৰ্য হইতে পৃথিবীৰ তুলনাৰ ৪০ গুণ দূৰত্বে অবস্থিত। অৰ্থাৎ সূৰ্যকে কেন্দ্ৰ কৰিষা প্ৰায় ৪০০ কোটি মাইল ব্যাসাৰ্ৰ লইষা একটি গোলক কল্পনা কৰিলে যে বিশাল পৰিমাণ স্থানেৰ অস্তিত্ব অনুভব কৰা যাব, সৌৰজগৎ সেই পৰিমাণ স্থান লইষা বিবাজ কৰিতেছে। সূৰ্য একটি নক্ষত্ৰ (Star)।

সূৰ্য ব্যতিবেকে নিকটতম নক্ষত্ৰেৰ দূৰত্ব কল্পনা কৰিলে সৌৰজগতেৰ অধিকৃত স্থান মহাবিশ্বেৰ তুলনায় নগণ্য বলিষা মনে হয়। অজ্ঞাত নক্ষত্ৰগুলি এত দূৰে অবস্থিত যে আমবা সৌৰজগতকে প্রকৃত প্ৰস্তাবে একাট পৃথক জগৎ বলিষা মনে কৰিতে পাৰি।

(ক) সূৰ্য : সৌৰজগতেৰ প্ৰধানতম জ্যোতিক সূৰ্য। ইহা একাট অতিকায় নক্ষত্ৰ এবং পৃথিবী যে পদাৰ্থ দ্বাৰা তৈয়াৰী, ইহাও সেই সমস্ত পদাৰ্থ দ্বাৰা তৈয়াৰী। কিন্তু সূৰ্যেৰ অভ্যন্তৰভাগেৰ তাপ অত্যধিক হওবায় বাবতীৰ পদাৰ্থই গ্যাসেৰ আকাৰে বিস্তৃমান বহিষাছে। সূৰ্যেৰ বিভিন্ন স্তৰেৰ ওজনেৰ অত্যধিক চাপেৰ ফলে যে উত্তাপ সৃষ্টি হয় সেই উত্তাপই পদাৰ্থেৰ গ্যাসীৰ আকাৰেৰ কাৰণ। সূৰ্যেৰ কোন উপবিভাগ (surface) নাই। আমবা যে উপবিভাগ দেখি তাহা “আলো” মাত্ৰ। ইহা সূৰ্যেৰ সেই “স্তৰ” বাহাৰ অভ্যন্তৰে আব কোন স্তৰ আমবা দেখিতে পাই না। সূৰ্যেৰ বহিৰ্ভাগেৰ অপেক্ষাকৃত হাল্কা গ্যাসেৰ স্তৰ প্ৰায় ৮৬৪,০০০ মাইল স্থান লইয়া বিস্তৃত। এই দূৰত্ব পৃথিবীৰ ব্যাসেৰ ১০০ গুণেৰ অধিক। সূৰ্যেৰ ‘আবতন’ (volume) পৃথিবীৰ আবতনেৰ ১৪ লক্ষ গুণ বৰ। ইহাৰ বৰত্ব পৰিমাণ এমন যে এই বৰত্ব দ্বাৰা ৩১ লক্ষ পৃথিবী সৃষ্টি হইতে পাৰে। সূৰ্য হইতে যে তাপ এবং ‘শক্তি’ (energy) পাওবা যাব তাহা সৌৰজগতেৰ সৰ্বত্র ছড়াইয়া পড়ে। সূৰ্যেৰ বহিৰ্ভাগেৰ তাপ কমপক্ষে ১১০০০° ফা. এবং অভ্যন্তৰেৰ তাপ ২ কোটি ডিগ্ৰী (ফা.)। আমবা সূৰ্য সহজে পৰে আলোচনা কৰিব।

(খ) গ্ৰহ (Planets) : সৌৰজগতেৰ ৯টি গ্ৰহেৰ নাম—পৃথিবী, মঙ্গল, বুধ, বৃহস্পতি, শুক্ৰ, শনি (অতীতকালেই পৰিচিত ছিল), ইউৰেনাস, নেপচুন এবং প্লুটো। সূৰ্যেৰ তুলনায় গ্ৰহগুলিৰ সকলেই ঠাণ্ডা, কঠিন এবং আকাৰে অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্ৰ। গ্ৰহেৰ নিজেৰ কোন আলো নাই। সূৰ্যেৰ আলোকে ইহাবা আলোকিত দেখাব।

পৃথিবীৰ বৰত্ব পৰিমাণকে সামগ্ৰিকভাবে “একক” ধৰিলে “বুধ” গ্ৰহেৰ বৰত্ব পৰিমাণ ০.৫ এবং “বৃহস্পতি” (Jupiter) গ্ৰহেৰ বৰত্ব পৰিমাণ ৩১৮ একক এবং অজ্ঞাত গ্ৰহেৰ বৰত্ব পৰিমাণ এই দুইগুণেৰ মান্য নানি হইবে। সেইকপ সূৰ্য হইতে পৃথিবীৰ দূৰত্বকে “একক” ধৰিলে

(ইহাকে Astronomical unit বা AU বলে) ধবিলে 'বুধ'-গ্রহ ৩৯ AU এবং 'প্লুটো' গ্রহের দূরত্ব ৩৯৪৬ AU-এর সমান এবং অন্যান্য গ্রহের দূরত্বের পরিমাণ এই দুই মানের মধ্যে অবস্থিত । আবার প্রত্যেকটি গ্রহকে এক একটি 'বলেব' মত মনে কবিলে দেখা যায় যে, ক্ষুদ্রতম গ্রহ বুধের ব্যাস ৩০০০ মাইল এবং বৃহস্পতি বা জুপিটারের ব্যাস প্রায় ৮৬০০০ মাইল এবং প্রায় প্রত্যেক গ্রহই বায়ুমণ্ডল (atmosphere)- দ্বারা আচ্ছন্ন হইয়া আছে । সূর্যের চাৰিদিকে একবার ঘূরিয়া আসিতে বুধ-গ্রহের ৮৮ দিন হইতে প্লুটো ২৪৮ বৎসব সময় অতিবাহিত হয় । বিশেষরূপে আশ্চর্যজনক বিষয় এই যে, সমস্ত গ্রহের কক্ষপথই প্রায় একই সমতলে অবস্থিত । কক্ষপথে গ্রহগুলির গতিবেগ প্রতি সেকেন্ডে ৩ মাইল হইতে ৩০ মাইল পর্যন্ত হইয়া থাকে । সূর্যের চাৰিদিকে প্রদক্ষিণ কবিবার সময় প্রত্যেক গ্রহই আপন মেরুদেশের চাৰিদিকে আবর্তন (rotation) করিতেছে । ইহা গ্রহের উপর দিনের (day) স্থায়ীকাল (length) নির্ণয় করে । বৃহস্পতি গ্রহের দিনের দৈর্ঘ্য ৯ ঘণ্টা ১০ মিনিট । বুধ-গ্রহের দিনের পরিমাণ ৮৮ দিন ।

(গ) উপগ্রহ (Satellites) : প্রায় প্রত্যেক গ্রহেই উপগ্রহ (চাঁদ) আছে । শুধুমাত্র 'বুধ', 'শুক্র' (Venus) এবং প্লুটো উপগ্রহ আছে কিনা জানা যায় নাই । বৃহস্পতি (Jupiter)-এর ১২টি, 'শনি' (Saturn)-এর ৯টি, ইউরেনাস (Uranus)-এর ৫টি, নেপচুন এবং মঙ্গল (Mars)-এর প্রত্যেকের ২টি এবং পৃথিবীর একটি উপগ্রহ আছে । এই ৩১টি উপগ্রহের মধ্যে ৬টি উপগ্রহ আমাদের চন্দ্র (Moon) অপেক্ষা বৃহত্তর । প্রায় সব কক্ষি উপগ্রহই তাহাদের স্বকীয় গ্রহের চাৰিদিকে পশ্চিম হইতে পূর্ব দিকে ঘূরিতেছে এবং প্রায় প্রত্যেক উপগ্রহই স্বকীয় গ্রহের 'বিশুবতলের' (Equatorial plane) সহিত সামান্ত কোণে (চন্দ্র ৫° কোণে) অবস্থিত সমতলে পবিভ্রমণ করিতেছে ।

(ঘ) ধূমকেতু (Comets) : সৌরজগতে সূর্যের চাৰিদিকে অত্যন্ত 'লম্বা' (elongated) উপবৃত্তাকার পথে যে সমস্ত "ক্ষুদ্রাকৃতি প্রস্তর খণ্ডের সমষ্টি" একত্রিত অবস্থায় পবিভ্রমণ করিতে দেখা যায় তাহাদিগকে-

ধুমকেতু (Comet) বলে। ধুমকেতুর পবিত্রমণ পথ এত লম্বা যে ইহার অধিকাংশ সময় সূর্য হইতে দূরে থাকে এবং অতি অল্প সময়ের জন্য সূর্যের নিকটে আসে। যখন সূর্যের নিকটে আসিয়া পড়ে তখন ইহা সূর্যের তাপে উত্তপ্ত হইয়া থাকে এবং ফলে ধুমকেতুর অংশবিশেষ বাষ্পাকারে পবিণত হইয়া একটি মেঘের আকার ধারণ করিয়া থাকে। এই মেঘাকৃতি অংশকে 'Coma' বলে। ইহা ধুমকেতুর 'মাথা' (head)। যখন ধুমকেতু পৃথিবী অপেক্ষা কয়েক গুণ দূরে আসে তখন সূর্যের 'বিকিরণ' (radiation) প্রভাবে ইহার 'মাথা' হইতে অংশবিশেষ বিচ্ছিন্ন হইয়া, একটি লম্বা "লেজ" (tail) সৃষ্টি করে। ধুমকেতুর বস্তু পরিমাণ পৃথিবীর তুলনায় অতি সামান্য। এ পর্যন্ত সহস্রাধিক ধুমকেতু দেখা গিয়াছে। প্রতি বৎসর প্রায় ৫ হইতে ১০ টি ধুমকেতু আবিষ্কৃত হইয়া থাকে। ইহাদের পবিত্রমণকাল সহস্র বৎসরের অধিক হইতে পারে। ইহাদের কক্ষপথ পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত নানা কোণে বিস্তৃত থাকে।

(৬) ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহপুঞ্জ (Asteroids or minor planets) : উপবিম্লিখিত ৯টি গ্রহ ছাড়াও অনেক ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহ সূর্যের চারিদিকে নিদিষ্ট পথে পবিত্রমণ করে। ইহাদের সংখ্যা দশ সহস্রের অধিক এবং ইহাদিগকে টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখা যায়। Ceres নামক গ্রহটি এই পর্যায়ের গ্রহগুলির মধ্যে সর্বাপেক্ষা বৃহৎ এবং ইহার ব্যাস প্রায় ৫০০ মাইল। অল্প সংখ্যক ক্ষুদ্র গ্রহ ৫০ মাইলের অধিক ব্যাস বিশিষ্ট দেখা যায়।

বৃহৎ গ্রহগুলির মতই ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহগুলি সূর্যের চারিদিকে পশ্চিম হইতে পূর্বদিকে ঘূর্ণিত হইতে এবং সূর্য হইতে অন্ততঃ ২½ AU দূরে অবস্থিত এবং ইহাদের পবিত্রমণ কাল (period of revolution) ৪ হইতে ৬ বৎসর। ইহারা সৌরজগতে মঙ্গল (Mars) এবং বৃহস্পতি (Jupiter) গ্রহের মধ্যখানে অবস্থিত।

(৭) উজ্জ্বলিত (Meteorites) : টেলিস্কোপেও দেখা যায় না এমন সহস্র প্রকার কঠিন জড় পদার্থ সূর্যের চারিদিকে প্রদক্ষিণ করিতে করিতে পৃথিবীর চারিপার্শ্বের বায়ুমণ্ডলের সংস্পর্শে আসিয়া পড়ে এবং

বায়ুমণ্ডলের ঘর্ষণে (friction) ভস্মীভূত হইয়া পড়ে। অল্পস্বত অবস্থায় আমবা আকাশে যখন এই উদ্ভাপিও দেখি তখন ইহাকে আমবা “shooting star” বলে। সমব সমব উদ্ভাপিও বায়ুমণ্ডলের ঘর্ষণে সম্পূর্ণরূপে ভস্মীভূত না হইয়া অংশবিশেষ পৃথিবীতে পতিত হয়। অনেক দেশেব বাদুঘবে এমন উদ্ভাপিও বর্ণিত আছে, ইহাকে meteorite বলে।

৯২ গ্রহগুলি সম্বন্ধে মূল জ্ঞাতব্য বিষয়

একটি গ্রহেব বস্তুর পরিমাণ, ইহার আকার বা আয়তন এবং সূর্য হইতে ইহার দূরত্ব জানা থাকিলে আমরা গ্রহ সম্বন্ধে আবণ্ড বিষয় জানিতে পারি। যেমন এই গ্রহেব বায়ুমণ্ডল আছে কিনা এবং ইহার তাপ কি প্রকার।

কোন গ্রহের দূরত্ব জানিতে হইলে Kepler-এব নিয়মাবলী সাহায্য লইতে হব। পৃথিবীর কক্ষপথেব বিভিন্ন অবস্থান হইতে একটি গ্রহকে লক্ষ্য করিয়া Kepler-এর নিয়মাবলী অবলম্বনে পৃথিবীর দূরত্বেব তুলনায় গ্রহটি কতদূরে অবস্থিত তাহা নির্ণয় করা যায়।

গ্রহেব বস্তুর পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে, গ্রহটি অত্র একটি জ্যোতির্বেব নিকটবর্তী হইবার সময় ঐ জ্যোতিষ্কের উপর কি মাধ্যাকর্ষণ প্রভাব বিস্তার করে তাহা নির্ণয় করিতে হব। এইজন্য তিনটি পন্থা অবলম্বন বাঞ্ছনীয় যথা—(১) এই গ্রহটি স্বকীয় উপগ্রহেব পবিক্রমণ পথে “গতি বৃদ্ধি” (acceleration) কতটা সৃষ্টি করে তাহা পরিমাপ করিতে হয়, (২) গ্রহটি অত্র গ্রহেব গতিপথে কি “প্রভেদ” (perturbation) সৃষ্টি করে তাহা মাপিয়া দেখিতে হয় এবং (৩) ক্ষুদ্রতর কোন গ্রহেব নিকটবর্তী অবস্থানের সময় কতটা প্রভেদ সৃষ্টি হইয়া থাকে তাহা মাপিয়া দেখিতে হয়।

যদি একটি গ্রহেব একটিমাত্র উপগ্রহ থাকে (যেমন পৃথিবীর) তাহা হইলে গ্রহ এবং উপগ্রহটিকে সম্মিলিতভাবে পরস্পরেব চারিদিকে আবর্তনবত এক জোড়া জ্যোতিষ্কে কল্পনা করিয়া পরস্পরেব পবিক্রমণ-কাল এবং উভয়েব মধ্যে কৌণিক দূরত্ব নির্ণয় করা সহজেই সম্ভব হইয়া থাকে। কৌণিক দূরত্ব হইতে বৈখিক দূরত্ব নির্ণয় করিবার পর

Kepler-এর তৃতীয় 'সূত্র' (law) ব্যবহার করিয়া গ্রহের বস্তু পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। যাহা হউক প্রায় গ্রহেরই একাধিক উপগ্রহ আছে বলিয়া উপবোক্ত সমাধান সর্বক্ষেত্রে সম্ভব না হইলেও আমবাঃ ইহা ব্যবহার করিতে পারি এইজন্ত যে উপগ্রহগুলি মূল গ্রহের তুলনায় অতিশয় ক্ষুদ্র। অতএব একাধিক উপগ্রহ বিশিষ্ট গ্রহের ক্ষেত্রে আমবাঃ গ্রহটিকে এবং যে-কোন একটিকে উপগ্রহ লইয়া (এবং অল্প উপগ্রহগুলির অন্তিম অস্বীকার কবিয়া) উপরের বর্ণনা অনুসারে গ্রহটির বস্তু পরিমাণ নির্ণয় করিতে পারি।

যে গ্রহের উপগ্রহ নাই এমন গ্রহের বস্তু পরিমাণ নির্ণয় কষ্টসাধ্য ব্যাপার। এইক্ষেত্রে অল্প কোন জ্যোতিষের উপর গ্রহটির প্রভাব কিরূপ তাহা নির্ণয় করিতে হয়। বহুদিন ধরিয়া গ্রহগুলির গতিবিধি লক্ষ্য কবিলে কোন নির্দিষ্ট গ্রহ অল্প গ্রহের উপর কি "প্রভেদ" সৃষ্টি কবিয়া থাকে তাহা নির্ণয় করা যায়। প্রায় শতাধিক বৎসর পূর্বে এইরূপ গ্রহের গতিবিধি লক্ষ্য কবিয়া নেপচুন (Neptune) গ্রহ আবিষ্কার করা হইয়াছিল।

যদি একটি ক্ষুদ্র গ্রহ, বৃহৎ কোন গ্রহের নিকটবর্তী হয় তাহা হইলে ক্ষুদ্র গ্রহটির পবিক্রমণ পথ বহুলাংশে পবিবর্তিত হইয়া থাকে। ক্ষুদ্র গ্রহ, বৃহৎ গ্রহের নিকটবর্তী হইলে আমবাঃ এই গ্রহ দুইটিকে এক জোড়া, জ্যোতিষ হিসাবে ধবিলে উহাদের একটি অপবটির তুলনায় হাইপারবোলীয় (hyperbolic) পথ সৃষ্টি কবিবে। এইক্ষেত্রে বৃহৎ গ্রহটি স্বকীয় কক্ষপথ হইতে অতি সামান্য পথদ্রষ্ট হইবে কিন্তু ক্ষুদ্র গ্রহটির পথ পবিবর্তিত হইবে। এই পরিবর্তনের জ্ঞান হইতে আমবাঃ মোটামুটিভাবে Kepler-এর তৃতীয় সূত্র ব্যবহার কবিয়া বৃহৎ গ্রহের বস্তু পরিমাণ নির্ণয় করিতে পারি।

(খ) গ্রহের উপরিভাগের তাপ : একটি গ্রহের উপবিভাগে সূর্যের তাপ কি পরিমাণে পতিত হয় তাহা হইতে আমবাঃ গ্রহের তাপ নির্ণয় করিতে পারি। কোন স্থানে পতিত সূর্যবশ্মির পরিমাণ ঐ স্থানের সূর্য হইতে দূরত্বের উপর নির্ভর করে। যে অনুপাতে দূরত্বের বর্গ

বাড়িতে থাকিবে সেই অনুপাতে সূর্যতাপের পবিমাণ ক্রমিত থাকিবে। পতিত সূর্যের তাপ প্রতিকলিত হইবা কিরিবা বাইবাব পর যেটুকু গ্রহ কতৃক গৃহীত হব সেই তাপ গ্রহেব তাপমাত্রা বাড়াইবা দেব। কোন বস্তু উত্তপ্ত হইবাব সমব সম্ভে সম্ভে তাপ বিকিরণ ক্রমিতে থাকে। এইভাবে উত্তাপ বাড়াইতে থাকিলে অবশেষে এক সাম্য-ভাবেব সৃষ্টি হব। এই অবস্থাব বতটা তাপ প্রতি সেকেন্ডে ঐ বস্তু গ্রহণ ক্রমিতে থাকিবে ঠিক ততটা তাপ প্রতি সেকেন্ডে বিকীর্ণ হইবে। বৈজ্ঞানিকেবা প্রমাণ ক্রমিবাছেন যে, একট “আদর্শ” (ideal) বিকিরণ-শীল পদার্থের উপবিভাগ হইতে ইহাব তাপমাত্রা $T (^{\circ}K)$ থাকা অবস্থাব বিকীর্ণ শক্তি (radiated energy) E (প্রতি বর্গ সেন্টি-মিটারে)-এব পবিমাণ

$$E = 6.75 \times 10^{-8} T^4$$

যদি একট গ্রহকে এমন আদর্শ বিকিরণশীল বস্তু হিসাবে গ্রহণ কবা বাব তাহা হইলে আমরা এই সূত্র ব্যবহাব ক্রমিবা গ্রহের উপবিভাগেব তাপমাত্রা নির্ণব ক্রমিতে পারি। এখানে অবশ্যই আমাদিগকে মনে রাখিতে হইবে যে, কোন গ্রহই উপবেব বর্ণনানুযায়ী “আদর্শ” নহে এবং কোন কোন গ্রহেব চারিপার্শ্বে বায়ুমণ্ডল থাকাব গ্রহেব তাপমাত্রা প্রভাবান্বিত হইবা থাকে। বাহা হউক এই সমস্ত অন্তবিধা নহেও উপবেব সূত্রেব সাহায্যে গ্রহেব তাপমাত্রাব একট সম্যক্ জ্ঞান লাভ ক্রমিতে পারি।

উদাহরণস্বরূপ মনে ককন আমরা শনি গ্রহেব (Saturn) তাপমাত্রা জ্ঞানিতে চাই। এই গ্রহট সূর্য হইতে ৯.৫৪ AU দূবে অবস্থিত। অতএব ইহা পৃথিবীব প্রাপ্ত তাপেব $\frac{1}{(9.58)^2}$ অংশ পবিমাণ তাপ পাইবা থাকে। পৃথিবীব প্রাপ্ত তাপেব পবিমাণ 1.06×10^6 আর্গ/সেকেন্ড/(সে. মি.)^২। অতএব শনি গ্রহে প্রাপ্ত তাপেব পবিমাণ

$$\frac{1.06 \times 10^6}{(9.58)^2} = 1.18 \times 10^4 \text{ আর্গ/সেকেন্ড/(সে. মি.)}^2$$

ইহার মধ্যে শতকবা ৫০ ভাগ তাপ বিকিরণ রূবে এবং বাকী ৫০ ভাগ তাপ গ্রহণ (absorb) কবে। গ্রহবীব তাপেব পবিমাণ 6.8×10^5

আর্গ/সেকেন্ড/(সে. মি.)^২। E-এর মান এইরূপ লইলে আমরা T-এর মান ১০৭°K পাই। ইহা ২৭০°F-এর সমান।

(গ) বায়ুমণ্ডল : বুধ (Mercury) এবং প্লুটো (Pluto) গ্রহদ্বয় ব্যতীত প্রায় সব গ্রহই গ্যাস দ্বারা আবৃত। গ্রহেব বায়ুমণ্ডল নানা-ভাবে আমাদের কাছে ধরা পড়ে। অধিকাংশ ক্ষেত্রে বায়ুমণ্ডল অবস্থিত অল্পক্ষণেই সূর্যালোক প্রতিফলিত করে। মঙ্গল গ্রহেব বায়ুমণ্ডল অতিশয় পাতল। এবং টেলিস্কোপেব সাহায্যে আমরা এই বায়ুমণ্ডলেব স্তব অতিক্রম করিয়া গ্রহেব উপবিভাগেব প্রকৃতি লক্ষ্য করিবাব সুযোগ পাই। গ্রহেব বায়ুমণ্ডল নীল আলো সহজেই বিচ্ছিন্ন (scatter) কবিত্তে পাবে। বায়ুমণ্ডল হইতে প্রতিফলিত সূর্যবর্ণিকে Spectroscope-এব সাহায্যে পরীক্ষা কবিলে উক্ত বায়ুমণ্ডলে কি কি গ্যাসেব সমাবেশ আছে তাহা আমরা জানিতে পারি।

(ঘ) বায়ুমণ্ডল এবং গ্রহেব মাধ্যাকর্ষণ শক্তি : একটি গ্রহকে আবেষ্টন করিয়া যে বায়ুমণ্ডল অবস্থান করে সেই বায়ুমণ্ডলেব “অণুগুলি” (molecules) সর্বদা গতিশীল। অণুগুলিগ গতিগ গড় যদি গ্রহেব উপবিভাগ হইতে পলায়নশীল (escape) গতিগ হই অংশেব অধিক হয় তাহা হইলে ঐ বায়ুমণ্ডলেব গ্যাস প্রায় ১০ কোটি বৎসবে গ্রহচ্যুত হইবা চলিবা বাইবে। সুতরাং বায়ুমণ্ডলেব কোন গ্যাসেব “গতি গড়” (average speed) যদি হই অংশ অপেক্ষা বেশী হইবা থাকে তাহা হইলে ঐ গ্যাস গ্রহেব সহিত বায়ুমণ্ডলে অবস্থান কবিত্তে থাকিবে। আমরা জানি যে কোন গ্যাসেব অণুগুলি সাধারণ গতিবেগ (average molecular speed) গ্যাসেব তাপমাত্রাব বর্গমূল এবং অণুগ বিপর্কিত পরিমাণেব (mass) বর্গমূলেব অনুপাতে বৃদ্ধি পায়। এই-সমস্ত তথ্য হইতে আমরা সিদ্ধান্ত গ্রহণ কবিত্তে পারি যে, বুধ (Mercury), Ceres এবং চন্দ্র (Moon) প্রভৃতি জ্যোতিষ্কেব বায়ুমণ্ডলে আমাদের পরিচিত গ্যাস অক্সিজেন, হাইড্রোজেন বিস্তারিত থাকিত্তে পাবে না। ইউরেনাস, নেপচুন এবং প্লুটো গ্রহগুলিগ মধ্যে সর্বপ্রকাব গ্যাসই

বিদ্যমান থাকিতে পারে। কিন্তু এই গ্রহ তিনটিতে গ্যাসগুলি বায়বীয় আকারে না থাকিবা তরল পদার্থের আকারে থাকিতে পারে।

মঙ্গল গ্রহে কোন হাইড্রোজেন গ্যাস নাই। 'বৃহৎ গ্রহ তিনটি বৃহস্পতি (Jupiter) এবং শনি (Saturn) গ্রহে সর্বপ্রকার গ্যাসই বিদ্যমান আছে।

(ঙ) সারাংশ : সৌরজগতের বিভিন্ন গ্রহ নানাভাবে পবস্পব বিভিন্ন। তাহাদের পবস্পরের দৃষ্টি, তাহাদের আকার, বায়ুমণ্ডল এবং বস্তুর পবিমাণ সকল কিছুই গ্রহবিশেষে বিভিন্ন হইয়া থাকে। আমরা নীচে সংক্ষেপে গ্রহগুলির সম্পর্কে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়ের তালিকা সংযুক্ত করিলাম :

এখানে পৃথিবীর দূরত্ব = ১ AU, পৃথিবীর বস্তুর পবিমাণ = ১ একক।

গ্রহ	বৃহৎ	ভর	পৃথিবী	মঙ্গল	বৃহস্পতি	শনি	ইউরেন- মান	নেপচুন	প্লুটো
সূর্য হইতে দূরত্ব	৩ টি	৬ টি	১	১১	৫	১০	২০	৩০	৪০
পৃথিবীর তুলনায় বস্তুর পবিমাণ	১ টি	৪ টি	১	১	৩১৮	২৫	১৫	১৭	—
বায়ু পৃথিবীর তুলনায়	২ টি	১	১	১	১১	২	৪	৪	—
আক্ষিক গতি	৮৮ দিন	২০০— ৩০০ দিন	২৪ ঘণ্টা	২৪ ১/২ ঘঃ	১০ ঘঃ	১০ ঘঃ	১১ ঘঃ	১৬ ঘঃ	৬ দিন
Velocity of escape	২১	৩২	৭	৩	৩৭	২২	১০	১৪	—
উপগ্রহের সংখ্যা	০	০	১	০	১২	০	৫	২	০
তাপের গড় (°K)	৬০০	৬৭০	৩৩০	৩০০	১৪০	১১০	৮০	৬০	৫০

দশম অধ্যায়
অন্যান্য গ্রহ
(PLANETS)

১০১. বুধ গ্রহ (Mercury)

আকাশে জ্যোতিকগুলিব মধ্যে বুধ গ্রহটি অত্যাশ্চ উজ্জ্বল জ্যোতির্বেব মধ্যে একটি। এই গ্রহটি সূর্যেব অতি নিকটে অবস্থিত। সূর্য হইতে ইহাব বৃহত্তম কৌণিক দূরত্ব ২৮"। নগ্নচোখে আমবা এই গ্রহটিকে মাত্র ১ সপ্তাহ কাল সমবেব জন্ত দেখিতে পাই। বখন ইহা বৃহত্তম কৌণিক ব্যবধানে আসে তখন সূর্যোদয়েব পূর্বে কিংবা সূর্যাস্তেব পব পবই ইহাকে আকাশে দেখা যায়। বুধ গ্রহেব 'সাইনডিক' কাল (synodic period) মোট প্রায় ১১৬ দিন হওয়ায বৎসবে প্রায় তিনবার আমবা গ্রহটিকে "ভোবেব তাবা" (morning star) এবং "সাক্ষ তাবা" (evening star) হিসাবে দেখিতে পাইব। শুমাত্র গোবুলি লগ্নে (twilight) অথবা ভোবেলায সামাত্র সমবেব জন্ত আমবা বুধ গ্রহকে দেখিতে পাই। প্রাচীন গ্রীকেবা এই জ্যোতির্কেব নাম "Mercury" এবং বাংলাদেশ-পাক ভারতবাসীবা ইহাব নাম "বুধ" দিবাছিলেন।

বুধ গ্রহটি সূর্যেব অতি নিকটবর্তী থাকাব ইহাব বার্ষিক গতিব সময় মোটে ৮৮ দিন এবং আবর্তন-পথে বা কক্ষপথে ইহাব গতি ৩০ মাইল/সেকেণ্ড। সূর্য হইতে ইহাব নিকটতম দূরত্ব ২ কোটি ৮৬ লক্ষ মাইল এবং বৃহত্তম দূরত্ব ৪ কোটি ৩৪ লক্ষ মাইল। এই গ্রহেব কোন উপগ্রহ না থাকাব ইহাব বস্তব পবিমাণ নির্ণয কবা কঠিন। যাহা হউক, অত্যাশ্চ জ্যোতিক নিকটবর্তী হইলে, বুধ গ্রহেব মাধ্যাকর্ষণ প্রভাব লক্ষ্য কবা সম্ভব হব এবং এই প্রভাব হইতে গ্রহটির বস্তব পবিমাণ নির্ণয কবা সম্ভব। ১৯৬৮ সালেব মে মাসে Icarus নামক ক্ষুদ্র একটি গ্রহ

বুধ গ্রহের মাত্র ৮০ লক্ষ মাইলের মধ্যে আসিযাছিল। গ্রহটির উপর বুধ গ্রহের মাধ্যাকর্ষণ প্রভাব পর্যবেক্ষণ কবিষা দেখা গিয়াছে যে, বুধ গ্রহের বস্তু পরিমাণ পৃথিবীর বস্তুর ০.০৫৪ অংশ মাত্র।

বুধ গ্রহের ব্যাস প্রায় ৩০০০ মাইল অর্থাৎ পৃথিবীর অর্ধেকাপেক্ষা কম। গড়ে ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব ৫.৫। অনেকে মনে কবেন যে, বুধ গ্রহের মধ্যে-ভাবী পদার্থগুলির সমাবেশ পৃথিবীর তুলনায় কিছুটা বেশী। পর্যবেক্ষণ কবিষা দেখা গিয়াছে যে, চন্দের মতই বুধ গ্রহের একই অংশ সূর্যের দিকে মুখ কবিষা আছে। Thermopile নামক তাপমান যন্ত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা হইয়াছে, বুধ গ্রহের সূর্য্যভিমুখী অংশের তাপমাত্রা ৬১০°K (প্রায় ৬৪০°F) এবং অক্ষকাবাচ্ছন্ন অংশের তাপমাত্রা ১০°K — ২০°K । বুধ গ্রহকে সাধারণতঃ সর্বাপেক্ষা উত্তপ্ত এবং সর্বাপেক্ষা ঠাণ্ডা গ্রহ বলা হয়। বুধ গ্রহের উপর পতিত সূর্যালোকের polarization হইতে গ্রহে বায়ুমণ্ডলের অস্তিত্ব আবিষ্কার করা হইয়াছে। বাহ্য হউক গ্রহটির সামান্য মাধ্যাকর্ষণের ফলে কোন বায়ুমণ্ডল চিৎস্বায়ী থাকিতে পারে না। সর্বদাই বহির্জগতের সহিত ইহার বায়ুমণ্ডলের গ্যাসের আদান-প্রদান হইয়া থাকে।

১০.২ শুক্র গ্রহ (Venus)

প্রাচীনকালের গ্রীকগণ এই জ্যোতিষকে প্রেম এবং সৌন্দর্যের দেবী বলিয়া মনে কবিতেন। বাংলাদেশ-পাক ভাবতের অধিবাসীরা এই জ্যোতিষকে “শুক্রে” বা “শুকতাবা” নামে অভিহিত কবিষা থাকেন। পৃথিবী হইতে ইহা মাত্র ২ কোটি ৫০ লক্ষ মাইল দূরে অবস্থিত। স্নাত্তিকালে আকাশে ইহাকে অত্যন্ত উজ্জ্বল দেখায। এমন কি দিনের বেলায়ও ইহাকে আমবা দেখিতে পাই। বুধ গ্রহের মত “শুকতাবাও পৃথিবী অপেক্ষা সূর্যের নিকটে অবস্থিত বলিয়া আমবা কখনও ইহাকে “সাক্ষ্য তারা” কখনও বা “ভোবের তাবা” হিসাবে দেখিতে পাই। “শুকতাবাব” কৌণিক দূরত্ব প্রায় ৪৭° ।

সূর্য হইতে শুক্র গ্রহের দূরত্ব প্রায় ৬ কোটি ৭২ লক্ষ ৭০ হাজাৰ মাইল। ইহার প্রকৃত কক্ষপথ উপবৃত্তাকার হইলেও এই কক্ষপথের

কেন্দ্রাপসারিতা (eccentricity) মাত্র ০.০০৭ হওয়ায় আমবা এই কক্ষপথকে বৃত্তাকার বলিয়া মনে করিতে পারি। শুক্ৰ গ্রহেব সূর্যেব চারিদিকে প্রদক্ষিণকাল ২২৫ দিন এবং আবর্তন গতিবেগ প্রায় ২২ মাইল/সেকেণ্ড। ইহাব সাইনডিক কাল ৫৮৪ দিন এবং কক্ষপথেব সহিত পৃথিবীৰ কক্ষপথ $৩^{\circ}২৪'$ মিনিট কোণে অবস্থিত।

শুক্ৰ গ্রহেব কোন উপগ্রহ নাই। পৃথিবীৰ উপব ইহাব মাধ্য্য কর্ষণ শক্তিৰ প্রভাব অবগত হইয়া আমবা এই গ্রহেব বস্তুৰ পৰিমাণ নির্ণয় করিতে পারি। এইভাবে দেখা যায় যে, এই গ্রহেব বস্তুৰ পৰিমাণ পৃথিবীৰ তুলনায় মাত্র ০.৮২ অংশ। ইহাব আকাৰ প্রায় পৃথিবীৰ ঠায় (ব্যাস ৭৭০০ মাইল) এবং ইহাব আপেক্ষিক ঘনত্ব ৫.১।

টেলিস্কোপেব সাহায্যে দেখিলে দেখা যাইবে যে, শুক্ৰ গ্রহেব চন্দ্ৰেব মত ক্ষয় বা বৃদ্ধি আছে। শুক্ৰ গ্রহকে আমবা পূর্ণভাবে আলোকিত (পূর্ণিমা) দেখিতে পাই না। ইহাব কারণ এই যে, এই সময়ে শুক্ৰ গ্রহ, সূর্য এবং পৃথিবী এক সূত্রে অবস্থিত (superior conjunction) থাকে। যখন গ্রহটি crescent আকারে আসে সেই সময়ে ইহাকে সবচেয়ে উজ্জ্বল দেখা যায়। সাধারণতঃ একই সূত্রে (inferior conjunction, পৃথিবী, শুক্ৰ গ্রহ এবং সূর্য) আসিবার ৩৬ দিন পূর্বে এবং ৩৬ দিন পরে গ্রহটিকে আকাশে উজ্জ্বলতম দেখা যায়। এই গ্রহটি ঘন মেঘে আবৃত আছে বলিয়া আমবা ইহাব উপবিভাগেব কোন বর্ণনা জানিতে পারি না। বেগুনি বস্ত্রিৰ সাহায্যে ফটোগ্রাফ লইয়া ইহাব উপবিভাগেব কিছু বহুত্ব সম্যক আবিষ্কৃত হইয়াছে।

শুক্ৰ গ্রহেব আপন মেরুদেশেব উপব আবর্তন কাল সংক্ষেপে সঠিক তথ্য জানা আজিও সম্ভব হয় নাই। অনেকে মনে করেন যে, ইহা অতি ধীরে (সম্ভবতঃ ২২৫ দিনে) বার্ষিক গতিৰ সময়ের অনুকূপ সময়ে আপন মেরুদেশেব চারিদিকে ঘূরিয়া আসে। গত ১৯৬০ এবং ১৯৬২ সালে Radar হইতে E. M. ডেউ পাঠাইয়া প্রতিফলিত ডেউয়েব স্তরান লাভ করা সম্ভব হইয়াছে এবং জানা গিয়াছে যে, গ্রহটি মোটামুটি ধীরগতিতেই আবর্তন করে।

শুক্র গ্রহের albedo-এর পরিমাণ ০.৭৬ হইতে তাপমাত্রার গড় প্রায় 238°K পরিমাণ হিসাব করা হইয়াছে। কিন্তু গ্রহ হইতে প্রাপ্ত Radio ডেউয়ের জ্ঞান হইতে আমরা জানিতে পারি যে, ইহাব উপবিভাগের তাপমাত্রার গড় প্রায় 600°K (680°F)। এই গ্রহে বায়ুমণ্ডল বিস্তারিত। কিন্তু এই বায়ুমণ্ডলে অক্সিজেন আছে কিনা তাহা আজিও জানা যায় নাই। শুক্র গ্রহ হইতে প্রতিফলিত আলোর polarization হইতে জানা যায় যে বায়ুমণ্ডলে কিঞ্চিৎ জলকণা বিস্তারিত। ইহাব চারিদিকে বেষ্টিত মেঘে কিঞ্চিৎ হালুদ আভা লক্ষ্য করা গিয়াছে। এমনো হইতে পারে যে মেঘে জলকণার সহিত অল্প গ্যাসের মিশ্রণ সংগঠিত হইয়াছে।

১০.৩. পৃথিবী (Earth)

পৃথিবী সম্বন্ধে আমরা পূর্বেই আলোচনা করিয়াছি।

১০.৪. মঙ্গল গ্রহ (Mars)

আমাদের নিকট প্রতিবেশী হিসাবে মঙ্গল গ্রহ সর্বাধিক মনোযোগ আকর্ষণ করিয়াছে। আজিকার এই বকেটেব যুগে আমরা এমন এক যুগ-সম্বন্ধে আসিয়াছি যে মানুষ যে-দিন মঙ্গল গ্রহে পৌঁছিতে সেদিন অতি নিকটে মনে হইতেছে। অনেক মনে করেন যে, মঙ্গল গ্রহে জীবের অস্তিত্ব আছে। আমরা এখানে, গ্রহটির সম্বন্ধে জানা গিয়াছে এমন, বাবতীয় তথ্য সংক্ষেপে আলোচনা করিব।

মঙ্গল গ্রহের কক্ষপথ : সূর্য হইতে এই গ্রহের দূরত্ব গড়ে প্রায় ১৪১,৬৯০,০০০ মাইল। সূর্য হইতে ন্যূনতম এবং বৃহত্তম দূরত্বের মধ্যে ব্যবধান প্রায় ২৬,০০০,০০০ মাইল। সূর্যের চারিদিকে ঘুরিয়া আসিতে মঙ্গল গ্রহের প্রায় ৬৮৭ দিন প্রয়োজন হয়। ইহাব সাইনডিক পিরিয়ড প্রায় ৭৮০ দিন। যখন গ্রহটি সূর্যের ঠিক বিপরীত দিকে আসে তখন আমরা সাধারণত ইহাকে আকাশে দেখিতে পাই। ১৯৬৯ সালের জুন মাসে এবং ১৯৭১ সালের আগস্ট মাসে মঙ্গল গ্রহ পৃথিবীর ভূলনায সূর্যের বিপরীতমুখী হইয়াছিল।

মঙ্গল গ্রহের উপগ্রহ : ১৮৭৭ সালে Asaph Hall নামক জ্যোতির্বিদ সর্বপ্রথম মঙ্গল গ্রহের দুইটি 'উপগ্রহ' বা 'চন্দ্র' (Satellite) আবিষ্কার করেন। ইহাদের নাম যথাক্রমে Phobos এবং Deimos ; ইহাদের মধ্যে Phobos, মঙ্গল গ্রহের কেন্দ্র হইতে ৫৮০০ মাইল এবং ৭৮. ৪০ মিনিটে গ্রহকে একবার আবর্তন করে। পক্ষান্তরে Deimos, ১৪,৬০০ মাইল দূরে থাকিয়া ৩০ ঘ. ২০ মিনিটে গ্রহকে আবর্তন করে। মঙ্গল গ্রহের স্বীয় অক্ষবেখার (axis) চাৰিপার্শ্বে আবর্তন কবিত্তে যে সময়ে প্রযোজন হয় (আহ্নিক গতিব সময় বা দিবা-রাত্রিব দৈর্ঘ্য) তাহা অপেক্ষা Phobos-এর আবর্তন-কাল কম বলিয়া মঙ্গল গ্রহের অধিবাসীরা Phobos কে পশ্চিম আকাশে উঠিতে দেখিবেন। উপগ্রহ দুইটি আশতনে অতি ছোট।

মঙ্গল গ্রহের অন্ত্যন্ত জ্ঞাতব্য বিষয় : Kepler-এর সূত্র হইতে পূর্ববর্ণিত উপায় অবলম্বনে গ্রহের বস্তুর পৰিমাণ নির্ণয় কৰিয়া দেখা গিয়াছে যে, গ্রহটির মোট বস্তুর পৰিমাণ পৃথিবীর বস্তুর প্রায় দশমাংশ। গ্রহটির ব্যাস প্রায় ৪২০০ মাইল এবং বস্তুর আপেক্ষিক ঘনত্ব প্রায় ৪। যে ব্যক্তি ২০০ পাউণ্ড ওজনের সমান, সেই ব্যক্তি মঙ্গল গ্রহে মাত্র ৭৫ পাউণ্ড ওজনের সমান ভাব বোধ হইবে। গ্রহটির কেন্দ্রে বস্তুর আপেক্ষিক ঘনত্ব প্রায় ৯।

টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখিলে গ্রহটি একটি কমলা বর্ণের বলের মত মনে হয়। আকাশে ইহাৰ কৌণিক ব্যাস ২৫" সেকেন্ড। যেহেতু গ্রহটি পৃথিবীর ভুলনাথ সূর্য হইতে অধিক দূরে অবস্থিত সেহেতু আমরা পৃথিবী হইতে গ্রহটির ক্ষয়-বৃদ্ধি (Phases) দেখিতে পাই না। মঙ্গল গ্রহের উপবিভাগের বং কতকটা হলুদ এবং কমলা বর্ণের মিশ্রণের মত অথবা লাল মনে হয়। এ পর্যন্ত মঙ্গল গ্রহে কোন পাহাড়-পর্বতের অস্তিত্বের প্রমাণ পাওয়া যায় নাই। তবে গ্রহের উপবিভাগে সমুদ্রের অস্তিত্ব টেলিস্কোপের সাহায্যে বুঝিতে পারা যায়।

মঙ্গল গ্রহের সাইডেরিয়াল দিনের দৈর্ঘ্য ২৪ ঘ. ৩৭ মি. ২৫ সে.। এই গ্রহের বিষুবরেখা (Equator) কক্ষপথের সমতলের সহিত প্রায়

২৫° কোণে অবস্থিত। আমাদের পৃথিবীর মতই মঙ্গল গ্রহে শীত, গ্রীষ্ম বসন্ত, শরৎ প্রভৃতি ঋতুর অস্তিত্ব আছে।

মঙ্গল গ্রহ হইতে প্রাপ্ত “infra red” রশ্মির radiation-এর পৰিমাণ নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে, গ্রহে সর্বাধিক তাপের পৰিমাণ প্রায় ৩০০°K বা ৮০°F, বিষুবাক্ষেপে ব্যতিক্রমের তাপমাত্রা ৪°F হইতে প্রায় ৪০°F পর্যন্ত বৃদ্ধি হয়। মঙ্গল গ্রহের উপবিভাগ হইতে প্রতিফলিত সূর্য্য রশ্মির “বিস্তৃতি” (scattering) হইতে গ্রহে বায়ুমণ্ডলের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়। একইভাবে প্রতিফলিত রশ্মির polarization-এর পৰিমাণ হইতে গ্রহের বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্ণয় করা যায়। এইভাবে হিসাব করিয়া বৈজ্ঞানিকেরা নির্ণয় করিয়াছেন যে, মঙ্গল গ্রহের উপবিভাগে বায়ুমণ্ডলের চাপ পৃথিবীর অনুরূপ চাপের দশমাংশ।

গ্রহ হইতে প্রাপ্ত প্রতিফলিত সূর্য্য-রশ্মিকে Spectroscopy-এর সাহায্যে বিশ্লেষণ করিয়া গ্রহের বায়ুমণ্ডলে বিভিন্ন গ্যাসের আনুপাতিক পরিমাণ নির্ণয় করা হইয়াছে। এ সম্বন্ধে আজিও কোন স্থির সিদ্ধান্তে আসা সম্ভব হয় নাই। অনেকে মনে করেন যে, এই বায়ুমণ্ডলে নাইট্রোজেন এবং নাইট্রোজেন কম্পাউণ্ড প্রচুর পৰিমাণে বিস্তারিত।

মঙ্গলগ্রহে কোন জীবের অস্তিত্ব আছে কিনা এবং কিরূপ জীবের অস্তিত্ব থাকা সম্ভব সে সম্বন্ধে আজিও কোন সঠিক সিদ্ধান্তে বৈজ্ঞানিকেরা আসিতে পারেন নাই।

১০.৫ বৃহস্পতি (Jupiter)

সৌরজগতে এই গ্রহটি আয়তনে এবং বস্তুর পরিমাণে বৃহত্তম গ্রহ। প্রাচীনকালে গ্রীকগণ সবচেয়ে বড় দেবতার (Gods) নামানুসারে এই গ্রহের নামকরণ করেন। সূর্য হইতে ইহার দূরত্ব গড়ে ৪৮ কোটি মাইল—প্রায় পৃথিবীর দূরত্বের ৫ই গুণ বেশী। ইহা সূর্যকে ১২ বৎসরে একবার প্রদক্ষিণ করে। গড়ে গ্রহটি আপন বক্ষপথে প্রতি সেকেন্ডে ৮ মাইল বেগে চরণ করে।

বৃহস্পতি গ্রহের ১২টি উপগ্রহ আছে। ইহাদের বৃহত্তম দুইটি উপগ্রহ ৩০০০ মাইল ব্যাস বিশিষ্ট এবং দুইটি উপগ্রহ আমাদের চক্ষের আকারের।

এই গ্ৰহেৰ বস্তুৰ পৰিমাণ প্ৰায় ৩১৮টি পৃথিবীৰ সমান এবং সূৰ্যেৰ প্ৰায় এক-সহস্ৰাংশ। সৌৰজগতেৰ অন্ত্যন্ত্ৰ যাবতীৰ গ্ৰহ-উপগ্ৰহ একত্ৰ কৰিলে যে বস্তুৰ সমাবেশ ঘটবে, বৃহস্পতি গ্ৰহেৰ বস্তুৰ পৰিমাণ তদপেক্ষা অধিক। ইহাৰ ব্যাস ৮৮০০০ মাইল অৰ্থাৎ প্ৰায় ১১টি পৃথিবীৰ আৰুতনেৰ সমান। যে পদাৰ্থেৰ ভূ-পৃষ্ঠে ওজন ১ পাউণ্ডেৰ ওজনেৰ সমান, বৃহস্পতি গ্ৰহেৰ উপবিভাগে সেই পদাৰ্থেৰ ওজন প্ৰায় ৩ পাউণ্ডেৰ ওজনেৰ সমান হইবে। এই গ্ৰহেৰ উপবিভাগ হইতে কোন নোষ্ট্ৰকে গ্ৰহচ্যুত কৰিতে হইলে প্ৰতি সেকেণ্ডে ৩৭ মাইলেৰ অধিক বেগে নিক্ষেপ কৰিতে হইবে।

বৃহস্পতি গ্ৰহেৰ উপবিভাগেৰ তাপমাত্ৰাৰ গড় প্ৰায় ১৩০°K বা ২২০°F । এই গ্ৰহেৰ বায়ুমণ্ডলে, হাল্কা গ্যাস হাইড্ৰোজেন, হিলিয়াম প্ৰচুব পৰিমাণে বিস্তৃত। ইহাৰ কাৰণ এই যে, গ্ৰহচ্যুত হওঁয়াৰ জন্ত (escape velocity) গতিবেগ অত্যধিক। Spectroscope-এৰ সাহায্যে প্ৰতিফলিত সূৰ্য-বস্তু বিল্লেখ কৰিয়া দেখা গিয়াছে যে, গ্ৰহেৰ বায়ুমণ্ডলে methane এবং ammonia গ্যাস প্ৰচুব পৰিমাণে বৰ্তমান আছে।

১৯৫০ সালে লক্ষ্য কৰা হইবাছিল যে বৃহস্পতি গ্ৰহকে বেটন কৰিয়া গতিশীল অসংখ্য অণু-পৰমাণু বৈদ্যুতিক শক্তিসম্পন্ন অবস্থায় বিস্তৃত আছে। এই বৈদ্যুতিক অণু পৰমাণুৰ স্তৰকে “Van-Allen” স্তৰ বলে।

১০ ৬ শনিগ্ৰহ (Saturn)

সৌৰজগতেৰ দ্বিতীয় বৃহত্তম গ্ৰহ, শনি গ্ৰহ। অঙ্গুৰীৰ বেষ্টিত গ্ৰহটি টেলিস্কোপে দেখিতে সুলব দেখায়। এই গ্ৰহ সূৰ্য হইতে ৮৪ কোটি হইতে ৯৪ কোটি মাইল দূৰে। ইহাৰ কক্ষপথ বিষুবতলেৰ সহিত $২\frac{১}{২}^{\circ}$ কোণে অবস্থিত। আপন কক্ষপথে প্ৰতি সেকেণ্ডে ৬ মাইল বেগে চলিবা সূৰ্যকে প্ৰদক্ষিণ কৰিতে এই গ্ৰহেৰ প্ৰায় ৩০ বৎসৰ সময় অতিবাহিত হয়।

শনি গ্ৰহেৰ ৯টি উপগ্ৰহ আছে এবং কতকগুলি ছোট টেলিস্কোপেৰ সাহায্যে সহজেই দেখা যায়। সবচেয়ে বড়টি টাইটান (Titan) চন্দ্ৰেৰ চেৰেও বৃহত্তৰ। টাইটানে বায়ুমণ্ডল আছে বলিষ্ঠ জানা গিয়াছে।

বিষুবতল বরাবর শনি গ্রহকে আবেষ্টন করিরা মেঘের ঢাট একটি অঙ্গুরী (ring) দেখা যায়। প্রকৃত পক্ষে তিনটি অঙ্গুরী (এককেন্দ্রিক) দেখিতে পাওয়া যায়। বহিঃস্থ অঙ্গুরী ব্যাস প্রায় ১৭০,০০০ মাইল। অন্তঃস্থ অঙ্গুরী ব্যাস প্রায় ৮৮,০০০ মাইল। শনি গ্রহের উপবিভাগ হইতে নিকটবর্তী অঙ্গুরীর পবিত্রীয়া দূরত্ব প্রায় ৭০০০ মাইল। অঙ্গুরীগুলি কঠিন বস্তু স্বরূপ নহে। কারণ ইহাদের মধ্যদিয়া দূরবর্তী নক্ষত্র দেখা যায় এবং অঙ্গুরী আভ্যন্তরীণ অংশ বহিঃস্থ অংশের চেয়ে অপেক্ষাকৃত ঘোঁষে গ্রহের চাষিদিকে আবর্তন করে। অঙ্গুরীগুলিকে শনি গ্রহের বিষুবতলে বরাবর দেখা যায়। এই তলটি ধীর কক্ষপথের সহিত ২৮° কোণে অবস্থিত। অঙ্গুরীগুলি প্রকৃতপক্ষে ক্ষুদ্র গ্ৰহ অনাংখ্য কঠিন শীলা (solid stones) দ্বারা প্রস্তুত। শনি গ্রহে বস্তুর পবিত্রমাণ $১০ - ১০.৫$ টি পৃথিবীর বস্তুর পরিমাণের সমান। এই গ্রহের ব্যাস প্রায় ৭০,০০০ মাইলের কিছু বেশী এবং ইহার বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব মাত্র ০.৭ (পানির চেয়ে হাল্কা)। গ্রহের উপবিভাগ হইতে কোন বস্তুকে প্রতি সেকেন্ডে ২২ মাইল বেগে ছুঁড়িতে পারিলে তাহা গ্রহচ্যুত হইবা মহাশূণ্ডে বিলীন হইবে। আপন মেবদণ্ডের চাষিদিকে আবর্তন কবিত্তে গ্রহটির ১০ $\frac{১}{২}$ ঘণ্টা সময়ের প্রয়োজন হব।

শনি গ্রহের উপবিভাগের তাপের পরিমাণ প্রায় $১২০^\circ K$ হইতে $১০০^\circ K$ ($-২০০^\circ F$)। এ পর্যন্ত জানা গিবাছে যে, গ্রহটির বায়ুমণ্ডলে methane এবং ammonia গ্যাস প্রচুররিত পাণে আছে। গ্রহচ্যুত হইবার গতিবেগ সেকেন্ডে ২২ মাইল হওবার আমবা অনুমান করিতে পারি যে, ইহার বায়ুমণ্ডল যে-কোন হাল্কা গ্যাসকে ধারণ কবিত্তে সক্ষম।

১০.৭. ইউরেনাস (Uranus)

১৭৮১ খ্রিস্টাব্দে William Herschel নামক জনৈক বৈজ্ঞানিক সর্বপ্রথম এই গ্রহ আবিষ্কার করেন। এই গ্রহটির কক্ষতল পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত সামান্ত্র ($৪৬'$ মিঃ) কোণে অবস্থিত। সূর্য হইতে ইহার দূরত্বের গড় ১৭৮০,০০০,০০০ মাইল। ইহার কক্ষপথে গতিবেগ প্রতি সেকেন্ডে ৫ মাইল এবং আবর্তন কাল ৮৪ বৎসর।

ইউবেনাস গ্রহেব ৫টি উপগ্রহ আছে। উপগ্রহগুলিব-দূৰত্ব ইউবেনাসেব কেন্দ্ৰ হইতে ৮০,০০০ হইতে ৩৫০,০০০ মাইলেব মধ্যে সীমাবদ্ধ।

ইউবেনাস গ্রহ প্রায় ১৫টি পৃথিবীব ওজনেব সমান এবং ইহাব ব্যাস প্রায় ৩০,০০০ মাইল। গ্রহেব বস্তব আপেক্ষিক গুরুত্ব প্রায় ১.৫। এই গ্রহেব বায়ুমণ্ডলে Hydrogen এবং Methane গ্যাসেব অস্তিত্ব প্রমাণিত হইয়াছে। এই গ্রহেব উপবিভাগেব তাপমাত্রাব পৰিমাণ -৩০০°F । গ্রহটিব আপন মেকদণ্ডেব চাৰিপার্শ্বে আবৰ্তন কৰিতে প্রায় ১১ ঘণ্টা সময় অতিবাহিত হয়।

১০৮. নেপচুন (Neptune)

১৮৪০ খ্রীষ্টাব্দ হইতে ১৮৪৬ খ্রীষ্টাব্দ—এই সময়েব মধ্যে ইউৰোপীয জ্যোতিৰিদেব Newton-এব Gravitation theory (মাধ্যাকৰ্ষণ থিওরী)-এব সাহায্যে ইউবেনাসেব গতিপথ গণিতেব সাহায্যে নির্ণয় কৰিবাব প্রয়াস পান। ইউবেনাসেব গতিপথে যে ‘ভ্রম’ (irregularity) পাচোঁষা যায় তাহাব কাৰণ অনুসন্ধান কৰিবাব মানসে এই বৈজ্ঞানিকগণ অল্প কামনিক নিকটবৰ্তী কোন গ্রহেব প্রভাব আছে কিনা, তাহা লইয়া গণনা শূন্য কৰেন। এইরূপে তাঁহাবা প্রমাণ কৰিলেন যে ইউবেনাস গ্রহেব গতিবিধিতে যে ভ্রম পৰিলক্ষিত হয় তাহা অল্প একটি নিকটবৰ্তী গ্রহেব প্রভাবে (perturbation) হওয়া সম্ভব। অবশেষে টেলিস্কোপেব সাহায্যে ১৮৪৬ সালেব সেপ্টেম্বৰ মাসে এই “নেপচুন গ্রহ” (Neptune) আবিষ্কার কৰেন।

নেপচুন গ্রহ সূৰ্য হইতে ২৮০,০০,০০,০০০ (২৮০ কোটি) মাইল দূৰে অবস্থিত। আপন কক্ষপথে প্রতি সেকেণ্ডে ৩৫ মাইল বেগে ভ্রমণ কৰিষা সূৰ্যকে আবেষ্টন কৰিষা আসিতে এই গ্রহেব প্রায় ১৬৫ বৎসৰ সময় অতিবাহিত হয়।

নেপচুনেব দুইটি উপগ্রহ আছে। বৃহত্তৰটিব নাম Triton ইহা আমাদেব চন্দ্ৰ অপেক্ষা বৃহত্তর। নেপচুনেব কেন্দ্ৰ হইতে Triton-এব দূৰত্ব ২২০,০০০ মাইল এবং ইহাব গতি বিপরীত দিকে পূৰ্ব হইতে পশ্চিম দিকে।

নেপচুনের বহুর পরিমাণ ১৭টি পৃথিবীর বহুর পরিমাণের সমান। ইহার ব্যাস প্রায় ২৮০০০ মাইল। ইহার বহুর আপেক্ষিক গুরুত্ব ২। এই গ্রহে বায়ুমণ্ডল আছে। ইহার উপবিভাগের তাপের পরিমাণ -৩৬০°F ।

১০.৯. প্লুটো (Pluto)

১৯৩০ খ্রিস্টাব্দে এই গ্রহটি প্রথম আবিষ্কৃত হয়। সূর্য হইতে এই গ্রহটির দূরত্ব, সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্বের প্রায় ৪০ গুণ বা প্রায় ৩,৬৭৬,০০০,০০০ মাইল। কক্ষপথে প্রায় ৩ মাইল বেগে চলিয়া প্রায় ২৬০ বৎসরে ইহা সূর্যের চারিদিকে একবার প্রদক্ষিণ করে। ইহার বহুর পরিমাণ প্রায় পৃথিবীর বহুর পরিমাণের সমান। ইহার ব্যাস প্রায় ৩৬০০ মাইল। এই গ্রহের উপবিভাগের তাপ -৩৬০°F । ইহার বায়ুমণ্ডলে Hydrogen, Helium এবং Neon গ্যাসের অস্তিত্ব পাওয়া যায়।

গ্রহটোর পরে সৌরজগতকে অন্ধকাবাচ্ছন্ন শূন্যস্থান বলিয়া মনে হয়। সূর্য হইতে ২৭০ AU দূরত্বের মধ্যে আর কোন গ্রহকে এ পর্যন্ত খুঁজিয়া পাওয়া সম্ভব হয় নাই।

পৃথিবী ছাড়া অন্য গ্রহে জীবের অস্তিত্ব আছে কিনা তাহা বৈজ্ঞানিকেরা জানেন না।

১০.১০ সৌরজগতের ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহগুলি (Asteroids)

পূর্ববর্ণিত সূর্য আকারের গ্রহগুলি ছাড়াও সৌরজগতে আরও সহস্রাবিক গ্রহের অস্তিত্ব টেলিস্কোপের সাহায্যে প্রমাণিত হইয়াছে। ইহাদের কক্ষপথগুলি মঙ্গল গ্রহ এবং জুপিটারের কক্ষপথের মাঝামাঝি অবস্থায় বিস্তৃত। এই গ্রহগুলির সূর্য হইতে দূরত্ব Bode's আইন পালন করে।

বোডের সূত্র : বৈজ্ঞানিক গণ্ডে Bode's আইন প্রস্তুতপক্ষে একটি আইন নহে। যাহা হউক এই আইনের সাহায্যে সূর্য হইতে পন পন দূরবর্তী গ্রহসমূহের দূরত্ব মনে রাখা সহজ হয়। ১৭৬৩ খ্রিস্টাব্দে Bode

নামক একজন জাৰ্মান জ্যোতিবিদ এই নিয়মটি প্ৰবৰ্তন কৰেন। পৰ পৰ ০, ৩, ৬, ১২, সংখ্যাগুলি এমনভাবে লেখা হ'ল যেন প্ৰথম দুইটি বাদ দিয়া পৰ পৰ সংখ্যাগুলিৰ প্ৰত্যেকটি পূৰ্ব সংখ্যাটিৰ দুই গুণ হয়। এখন এই সংখ্যা-সাৰি (sequence) প্ৰত্যেকটি সংখ্যাৰ সহিত ৪ যোগ কৰিবা ১০ দ্বাৰা ভাগ কৰিলে যে সংখ্যা পাওবা যাৰ সেই সংখ্যা গ্ৰহ বিশেষৰ দূৰত্ব প্ৰকাশ কৰে (অবশ্য এই দূৰত্ব A U. এৰ এককে প্ৰকাশিত হইবে)। এইৰূপে ১৭৬৬ খ্ৰীষ্টাব্দ পৰ্যন্ত যে সমস্ত গ্ৰহেৰ অস্তিত্ব জানা গিৰাছিল তাহাদেৰ দূৰত্বৰ সহিত মিলাইবা Bode-এৰ নিয়মটিৰ সত্যতা পৰীক্ষা কৰা হইয়াছিল। এই নিয়মটি কোন প্ৰমাণেৰ উপৰ প্ৰতিষ্ঠিত নহে বা ইহাৰ সত্যতা কোন বৈজ্ঞানিক ভিত্তিৰ উপৰ দণ্ডাৰমান নহে বলিবা আমবা ইহাকে আইন বলিবা মানিবা লইতে পাৰি না। নিম্নেৰ তালিকা Bode-এৰ নিয়মানুসাবে প্ৰস্তুত কৰা হইয়াছে।

সংখ্যা	গ্ৰহ	দূৰত্ব হইতে একত দূৰত্ব (A U)
$(0+8) \div 10 = 8$	বুধ (Mercury)	০.৩৮৭
$(3+8) \div 10 = ১১$	শুক্ৰ (Venus)	০.৭২৩
$(6+8) \div 10 = ১৪$	পৃথিৱী (Earth)	১.০০০
$(12+8) \div 10 = ২০$	মঙ্গল (Mars)	১.৫২৪
$(28+8) \div 10 = ৩৬$	×	×
$(88+8) \div 10 = ৯৬$	বৃহস্পতি (Jupiter)	৫.২০৩
$(1১৬+8) \div 10 = ১২৪$	শনি (Saturn)	৯.৫৩৯
$(1৯২+8) \div 10 = ১৯৬$	ইউৰেনাস (Uranus)	১৯.১৯১
$(৩৮৪+8) \div 10 = ৩৯২$	নেপচুন (Neptune)	৩০.০৭১
$(৭৬৮+8) \div 10 = ৭৭৬$	প্লুটো (Pluto)	৩৯.৫১৮

যখন ১৭৮১ খ্ৰীষ্টাব্দে ইউৰেনাস আবিষ্কৃত হয় তখন দেখা যায় যে ইহাৰ দূৰত্ব Bode-এৰ আইনেৰ সহিত সন্মত হয়। কিন্তু নেপচুন এৰ প্লুটোৰ ক্ষেত্ৰে আইনটি সম্পূৰ্ণৰূপে ব্যৰ্থ হইয়াছে। কৃত্ৰীকৃতি গ্ৰহগুলি

বখন আবিষ্কৃত হ'ব তখন আবার দেখা গেল যে, গ্রহগুলির দূরত্ব মোটা-মুটোভাবে পূর্ব-পৃষ্ঠাব তালিকার শূন্যস্থান পূরণ করিতে সমর্থ হইয়াছে। এইরূপে Ceres নামক ক্ষুদ্র গ্রহের দূরত্ব প্রায় ২৭৬৭ A U। পৰ-বর্তীকালে Bode এর আইনকে ভিত্তি কবিয়া সৌরজগতের স্ফটিক সূত্রে অনেক গবেষণার অবকাশ ঘটিয়াছিল। অধুনাকালেও প্রকৃতপক্ষে গ্রহ-যোগ্য কোন তত্ত্বের উদ্ভব সম্ভব হ'ব নাই।

১০.১১. ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহের আবিষ্কারের সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

Sicily দ্বীপের Piazzi নামক জনৈক জ্যোতিষবিদ সর্বপ্রথম ১৮০১ খ্রীষ্টাব্দে নূতন এক “তাবকাব” দিকে দৃষ্টি নিষ্ক্ষেপ করেন। তিনি পৰ-কথেক বাস্তি ধরিয়া লক্ষ্য কবিয়া আবিষ্কার করেন যে, নূতন তাবকাটি অল্প তাবকাব ভুলনায় পূর্বদিক হইতে পশ্চিমদিকে ক্রমশঃ স্থান পরি-বর্তন কবিতোছে। ইঠাৎ অস্বস্ত হইয়া পড়ান Piazzi “তাবকাটির” গতিপথের প্রতি বেশী দিন দৃষ্টি রাখিতে পারেন নাই। বাহা ইউক এই সময়ে C. F. Gauss গণিতশাস্ত্রের জ্ঞান হইতে Piazzi কৃষ্ণক আবিষ্কৃত জ্যোতিষের গতিপথ নির্ণয় কবিতো সক্ষম হন। তাঁহার গণনাব উপর নির্ভর কবিয়া Van Zach নামক পণ্ডিত এই জ্যোতিষকে যে একটি গ্রহ তাহা স্থির কবিতো সমর্থ হন। Sicily দ্বীপের দেবী (goddess) Ceres-এর নামানুসারে এই গ্রহের নামকরণ Ceres হ'ব। ইহাব দূরত্ব Bode-এর নিয়মানুযায়ী প্রায় ২.৮ A U।

Ceres আবিষ্কারের পৰ-বৎসব Pallas নামক দ্বিতীয় ক্ষুদ্র গ্রহ আবিষ্কৃত হ'ব। এই সময়ে হইতেই জ্যোতিষবিদগণ আরও অনূকপ ক্ষুদ্র গ্রহ আবিষ্কার কবিবার উৎসাহ পান। এইরূপে অল্পকাল মধ্যেই (১৮৯১) প্রায় ৩২০টি ক্ষুদ্র গ্রহ আবিষ্কৃত হ'ব। আজকাল কটোগ্রাফের সহায়তায় প্রতি বৎসব নূতন নূতন গ্রহের সন্ধান পাওয়া যায়।

এই সমস্ত ‘Asteroid’ বা ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহগুলির কক্ষপথসমূহ প্রধান গ্রহগুলির কক্ষপথের মত নহে। আমবা লক্ষ্য কবিয়াছি যে, প্রধান গ্রহ-গুলির কক্ষপথ পৃথিবীর কক্ষপথের (এক্লিপটিক) সহিত প্রায় একই সম-তলে অবস্থিত। Asteroid-এর ক্ষেত্রে এই নিয়মের ব্যতিক্রম দেখা

৩। বুধ গ্রহেব সহিত চন্দ্ৰের তুলনামূলক আলোচনা করুন। শুক্ত গ্রহে কেন জীবের অস্তিত্ব সম্ভব নহে তাহার কয়েকটি কাবণ বিশ্লেষণ করুন।

৪। মঙ্গল গ্রহের উপর জীবের অস্তিত্বের পক্ষে কি কি কাবণ বর্তমান তাহা বর্ণনা করুন।

৫। প্রতি ৮ বৎসর পর পর শুক্ত গ্রহের অবস্থান এবং প্রকৃতি (পৃথিবী থেকে লক্ষ্য কবিলে) পুনরাবৃত্তি ঘটিয়া থাকে। ইহাৰ কাবণ বর্ণনা করুন।

৬। সূর্য হইতে একটি গ্রহেব ক্ষুদ্রতম দূরত্ব (perihelion) $a(1-e)$ এবং বৃহত্তম দূরত্ব $a(1+e)$ । যদি a , গড়ে দূরত্ব এবং e , কক্ষপথেব eccentricity (চ্যাপ্টার পরিমাণ) হব, তাহা হইলে মঙ্গল গ্রহেব ($a=1.5$ A. U, $e=0.093$) সূর্য হইতে বৃহত্তম এবং ক্ষুদ্রতম দূরত্বের প্রভেদ কত?

৭। জুপিটারেব বস্তুর পরিমাণ এবং ইহাৰ ব্যাস পৃথিবীর বহু এবং ব্যাসের চেবে যথাক্রমে ৩১৮ এবং ১১ গুণ বড় হইলে পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণের সহিত জুপিটারের মাধ্যাকর্ষণের তুলনা করুন।

সৌরজগতের অন্যান্য জ্যোতিষ্ক—ধূমকেতু, উল্কা এবং উল্কাশ্রোত ও সৌরজগতের সৃষ্টি তত্ত্ব

আমরা এই অধ্যায়ে ধূমকেতু, উল্কাপাত সম্বন্ধে সংক্ষিপ্তভাবে আলোচনা করিব। এই সম্বন্ধে সৌরজগতের সৃষ্টি সম্বন্ধে বৈজ্ঞানিকদের মতামতের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিব।

১১.১. ধূমকেতু (Comets)

আকাশে আমরা খালি চোখে কখনও কখনও ধূমকেতু দেখিয়া থাকি। একটি মাধান পিছনে প্রকাণ্ড একটি লেজ দেখিয়া ধূমকেতুকে সহজেই চিনিতে পাওয়া যায়। অধিকাংশ ধূমকেতু আমরা চোখে দেখিতে পাই না। সৌরীয় জ্যোতিবিদেবা ছোট ছোট টেলিস্কোপের সাহায্যে সন্ধ্যা পশ্চিম আকাশে এবং ভোর বাত্রে পূর্বাকাশে নূতন বা পুরাতন ধূমকেতু সন্ধান করিতে থাকিতে পারেন। প্রতি বৎসর গড়ে ৫ কিংবা ৬টি কথিত ধূমকেতু সন্ধান পাওয়া যায়।

১১.২. ধূমকেতুর কক্ষপথ

প্রত্যেকটি ধূমকেতু আপন কক্ষপথে সূর্যকে প্রদক্ষিণ করিয়া থাকে। ধূমকেতুগুলিকে কক্ষপথের বিচারে মোটামুটি দুই ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। প্রথমতঃ দেখা যায় যে কতকগুলি ধূমকেতু প্রায় প্যারাবোলা (অপসরাকার, parabolic) পথে সূর্যকে প্রদক্ষিণ করে। "প্রায় প্যারাবোলা" বলার কারণ হইল যে কক্ষপথগুলি প্রকৃত প্যারাবোলা হইলে জ্যোতিষ্ক সৌরজগৎ ত্যাগ করিয়া চলিয়া যাইবে। প্রকৃত পক্ষে এই সমস্ত কক্ষপথে বিচরণকারী ধূমকেতু বহু শত বৎসরে সূর্যকে প্রদক্ষিণ করে। এমন অনেক ধূমকেতু আছে যাহাদিগকে একাধিকবার দেখা যায় নাই। ইহা ছাড়া এই সমস্ত ধূমকেতুর কক্ষপথগুলি পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত অনেকটা হেলিয়া (highly inclined to ecliptic) থাকে।

দ্বিতীয় প্রকার ধূমকেতুগুলির কক্ষপথ উপবৃত্তাকার এবং ইহাদের পবিত্রমণ কাল প্রায়ই ১০০ বৎসরের মধ্যে সীমাবদ্ধ। ইহা বা সৌর-জগতের অন্যান্য জ্যোতিষ্কগুলির মতই বিবেচন কবিয়া থাকে। প্রথমোক্ত ধূমকেতুগুলিকে non-periodic ধূমকেতু এবং শেষোক্ত ধূমকেতুগুলিকে periodic ধূমকেতু বলে। আমরা এখানে S B. Nicholson কর্তৃক ১৯৫৭ খ্রীষ্টাব্দে প্রস্তুত তালিকা উদ্ধৃত করিলাম। এই তালিকায় এই শতাব্দীতে দৃষ্ট কতকগুলি ধূমকেতুর বর্ণনা দেওয়া হইল।

১নং টেবিল

Non-periodic Comets

নাম	১ম বৎসর প্রথম দেখা গিয়াছে	সূর্যের নিকটতম অবস্থান (Perihelion)	সূর্য হইতে নিকটতম দূরত্ব A U	কক্ষপথের নতি
Skjellerup	১৯২৭	১৯২৭ ডিসেম্বর	০.১৮	৮৫°
Ryves	১৯৩১	১৯৩১ আগস্ট	০.০৬	১৬৭°
Peltier	১৯৩৬	১৯৩৬ জুলাই	১.১০	৭৯°
Friusler	১৯৩৭	১৯৩৭ আগস্ট	০.৮৬	১৪৬°
Cunningham	১৯৪০	১৯৪১ জানুয়ারী	০.৩৭	৫২°
Paraskevopoulos	১৯৪১	১৯৪১ জানুয়ারী	০.৭৯	১৬৮°
Whipple	১৯৪২	১৯৪৩ ফেব্রুয়ারী	১.৩৬	২০°
Bester (১)	১৯৪৭	১৯৪৮ ফেব্রুয়ারী	০.৭৫	১৪০°
Bester (২)	১৯৪৭	১৯৪৭ ডিসেম্বর	০.১১	১৩৮°
Honda-				
Bernoscorie (১)	১৯৪৮	১৯৪৮ মে	০.২১	২৩°
" (২)	১৯৪৮	১৯৪৮ অক্টোবর	০.১৪	২৩°
Wilson-Harrington	১৯৫১	১৯৫২ জানুয়ারী	০.৭৯	১৫৩°
Mrkos (১)	১৯৫৫	১৯৫৫ জুন	০.৫৪	৮৭°
Arend-Roland	১৯৫৬	১৯৫৭ এপ্রিল	০.৩২	১২০°
Mrkos (২)	১৯৫৭	১৯৫৭ আগস্ট	০.৩৫	৯৪°

২য় টেবিল

Periodic Comets

ধূমকেতুর নাম	যে বৎসর প্রথম দেখা গিয়াছিল	যে বৎসর (শেষবার) দেখা গিয়াছে	আবর্তন কাল (Period) (বৎসর)	সূর্য হইতে নিকটতম দূরত্ব (A. U.)
Encke	১৭৮৬	১৯৫৭	৩.৩০	০.৩৪
Pons Brooks	১৮১২	১৯৫৩	৭০.৮৮	০.৭৭
Crommelin	১৮১৮	১৯৫৬	২৭.৮৭	০.৭৪
Pons-Winnecke	১৮১৯	১৯৫১	৬.২৬	১.২০
Faye	১৮৪৩	১৯৫৪	৭.৪১	১.৬৫
d'Arrest	১৮৫১	১৯৫০	৬.৬৯	১.১৮
Temple 2	১৮৭৩	১৯৫৬	৫.৩১	১.২৪
Giacobini-Zinner	১৯০০	(১৯৫৯)	৬.৫৯	১.০০
Grigg-Skjellerup	১৯০২	১৯৫৬	৪.৯০	০.৮৬
Daniel	১৯০৯	১৯৫০	৬.৬৬	১.৪৬
Schaumasse	১৯১১	১৯৫১	৮.১৭	১.২০
Neijmin	১৯১৩	১৯৪৮	১৭.৯০	১.৫৪
Schwassmann	১৯২৭	—	১৬.১৫	৫.৫২
Wachmann				
Oterma	১৯৪৩	—	৭.৯৫	৩.৪১

প্রথম টেবিলে বর্ণিত ধূমকেতুগুলির প্রায় অর্ধেক সংখ্যক ধূমকেতুব
কক্ষপথের নতি ৯০° অপেক্ষা কম হওয়াব ফলে ইহাদিগকে সূর্যের
চাষদিকে পৃথিবীর অনুকূপ পশ্চিম হইতে পূর্বদিকে আবর্তন কবিত্তে
দেখা যায়। পক্ষান্তরে ৯০° অপেক্ষা অধিক নতি-সম্পন্ন ধূমকেতুগুলিকে
বিপরীত দিকে আবর্তন কবিত্তে দেখা যায়।

দ্বিতীয় টেবিলে বর্ণিত ধূমকেতুগুলির আবর্তন কাল অপেক্ষাকৃত
কম। এই টেবিলের শেষোক্ত ধূমকেতু দুইটি যখন সূর্যের নিকটতম

দূৰত্বে আসে তখন পৃথিবীৰ বিপৰীতমুখী (opposition) প্ৰতি অবস্থানেই ইহাকে দেখা যায়। Schwassmann-Wachmann ধূমকেতুটোৰ কক্ষপথ বৃহস্পতি (Jupiter) ও শনি (Saturn) গ্ৰহেৰ কক্ষপথেৰ মধ্যবৰ্তী।

১১৩. বৃহস্পতি গ্ৰহেৰ ধূমকেতুগুলি

প্ৰায় বিংশটি ধূমকেতুৰ কক্ষপথ এমন যে তাহাবা স্বীয় কক্ষপথে আবৰ্তন কালে বৃহস্পতি গ্ৰহেৰ অতি নিকটে আসিবা পড়ে এবং গ্ৰহেৰ মাধ্যাকৰ্ষণ দ্বাৰা প্ৰভাৱান্বিত হয়। ইহাৰ ফলে ধূমকেতুৰ কক্ষপথেৰ অবস্থান পৰিৱৰ্তিত হইবা পড়ে। এই সমস্ত ধূমকেতুৰ আবৰ্তন কাল সাধাৰণতঃ ৫ হইতে ৯ বৎসৰেৰ মध्ये। ইহাদিগকে “বৃহস্পতি-ধূমকেতু” বলে।

১১৪. হ্যালিৰ ধূমকেতু (Halley's Comet)

এই বিখ্যাত ধূমকেতুটিকে Edmund Halley নামক জ্যোতিৰবিদেৰ নামানুসাৰে নামকৰণ কৰা হইবাছে। Halley সৰ্বপ্ৰথম এই ধূমকেতুৰ প্ৰত্যাৱৰ্তন সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী কৰেন। তিনি ১৬৮২ খ্ৰীষ্টাব্দেৰ ধূমকেতুৰ কক্ষপথেৰ অবস্থান গণনা কৰেন এবং এই গণনাৰ সহিত ১৫৩১ এবং ১৬০৭ খ্ৰীষ্টাব্দেৰ ধূমকেতুৰ কক্ষপথেৰ অবস্থান মিলাইবা সিদ্ধান্ত কৰেন যে এই তিনিটি কক্ষপথ একই ধূমকেতুৰ কক্ষপথ এবং সেই সন্মত ইহাৰ ১৭৫৮ খ্ৰীষ্টাব্দেৰ প্ৰত্যাৱৰ্তন সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী কৰেন। প্ৰকৃতপক্ষে ধূমকেতুটি ঐ সময়ে দেখা গিবাছিল। ইহাকে পুনৰাব ১৮০৫ এবং ১৯১০ খ্ৰীষ্টাব্দে দেখা গিবাছিল। ইহাকে পুনৰাব ১৯৮৫ খ্ৰীষ্টাব্দে জৰ্বোদয়েৰ পূৰ্বে দেখা যাইবে। ইহাৰ আবৰ্তন কাল প্ৰায় ৭৭ বৎসৰ। গ্ৰহগুলিৰ মাধ্যাকৰ্ষণেৰ প্ৰভাবে ইহাৰ আবৰ্তন কালে কিছুটা ব্যতিক্ৰম দেখা যায়।

১১৫. ধূমকেতুৰ প্ৰকৃতি (Its nature)

ধূমকেতুৰ যে অংশ সৰ্বাধিক ভাবী (head) সেই অংশ Methane, ammonia এবং water দ্বাৰা তৈৰী। এই গ্যাসগুলি জমানো অবস্থায়

থাকে। ইহা ছাড়া খাতৰ পদাৰ্থেৰ খুলি ইহাৰ মাথাত মেখেৰ আকাৰে বিৰাজ কৰিতেছে। যখন ধুমকেতু সূৰ্যেৰ নিকটতম দূৰত্বে (perihelion) আসে তখন ইহাৰ জমাট বাঁধা পদাৰ্থগুলি বাষ্পীভূত হইবা ধুমকেতুৰ লেজেৰ (tail) দিকে ছড়াইবা পড়ে।

১১৬ উদ্ধাপাত এবং উদ্ধাশ্রোত (Meteors & Meteor Streams)

আকাশে সূৰ্যেৰ চাৰিদিকে আবৰ্তনবত ছোট বড় শিলা বা পাথৰ (Stone) বা শিলাকণাকে উদ্ধা (Meteor) নাম দেওবা হইবাছে। সৌৰজগতে অবিৰত সূৰ্যেৰ চাৰিদিকে আবৰ্তন কৰিবাব সময় ইহাবা যখন পৃথিবীৰ বায়ুমণ্ডলেৰ সংস্পৰ্শে আসে তখন বায়ুমণ্ডলেৰ সহিত সংঘৰ্ষে ভস্মীভূত হইবা গ্যাসে পৰিণত হয়। ফলে আমবা আকাশে উদ্ধাপাত দেখিবা থাকি। কোনও কোনও সময় কোন ধুমকেতু হইতে উৎপন্ন উদ্ধাশ্রোত পৃথিবীৰ বায়ুমণ্ডলেৰ সংস্পৰ্শে আসিবা পড়ে। উদ্ধা শ্রোতেৰ শিলাকণাগুলিৰ কতকাংশ গ্যাসে পৰিণত না হইবা সোজা-সুজি ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হইবা পৃথিবীৰ ওজন (mass) বৃদ্ধি কৰে। জনৈক বৈজ্ঞানিকেৰ গণনানুযায়ী দেখা যায়, এইৰূপে প্ৰতি দিবাবাজিতে উদ্ধাপাতেৰ ফলে পৃথিবীৰ বস্তুৰ পৰিমাণ প্ৰায় ২০ টন বৃদ্ধি পাইতেছে। যে-কোন স্থানে বাত্ৰিকালে পৃথিবীৰ আবৰ্তনেৰ দিক উদ্ধাগুলিৰ গতি অনুসৰণ কৰে বলিবা উদ্ধাপাতেৰ পৰিমাণ কম এবং দিনেৰ বেলাৰ পৃথিবীৰ আবৰ্তনেৰ দিক উদ্ধাৰ গতিৰ বিপৰীত দিকে হওবাব জন্ত উদ্ধাৱষ্টি দিনেৰ বেলায় বেশী হয়। কিন্তু সূৰ্যেৰ আলোৰ জন্ত আমবা এই উদ্ধাৱষ্টি দেখিতে পাই না। ভ্ৰতগামী উদ্ধাপাত সাধাৰণতঃ আকাশে ৮০ মাইল হইতে ৬০ মাইল উৰে' ঘট্টনা থাকে এবং অপেক্ষাকৃত ধীৰগামী উদ্ধাপাত ৬০ হইতে ২৫ মাইল উৰে' ঘটে।

বায়ুমণ্ডলে প্ৰবেশ কৰিবাব সময় কোন উদ্ধাৰ গতিবেগ জানা সম্ভব হইলে, ইহাৰ কৰুপথ নিৰ্ণয় কৰা যায়। যদি ইহাৰ গতিবেগ প্ৰতি সেকেণ্ডে ২৬ মাইলেৰ অধিক হয় তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে উদ্ধাট সৌৰজগতেৰ অন্তৰ্ভুক্ত নহে। যে উদ্ধাৰ গতিবেগ ২৬ মাইলেৰ কম তাহাবা সৌৰজগতে অধিবাসী।

১১.৭. উদ্ভাপিণ্ড (Meteorite)

উদ্ভাপিণ্ড একটা বড় আকাকের পাথর (Stone)। ইহা ধাতব পদার্থ (লৌহ) দ্বারা তৈরী। উদ্ভাপাতের অবশিষ্ট হিসাবে ইহা ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয় এবং অভ্যন্তরে প্রথিত হইয়া পড়ে। প্রায় ১৬০০ খ্রীস্টাব্দ হইতে পৃথিবীর বিভিন্ন অংশে যে উদ্ভাপিণ্ড পতিত হইয়াছে তাহার ক্যাটালগ (Catalogue) প্রস্তুত করা হইয়াছে। আমেরিকান অবিগন (Oregon), আরিজনা (Arizona) অঞ্চলে পতিত উদ্ভাপিণ্ডগুলি আমেরিকার বাদুঘরসমূহে বক্ষিত আছে।

উদ্ভাপিণ্ডগুলি দেখিতে সাধারণ বৃহদাকারের পাথরের দ্যায়। ইহা-দেব উপবিভাগ গ্রহণ পাঠলা কৃষ্ণ আবরণে আচ্ছাদিত। বায়ুমণ্ডলের মধ্যে গতিশীল থাকিবার কালে ইহার আকার প্রকৃত রূপ গ্রহণ করে। উত্তপ্ত গ্যাসের সংমিশ্রণে ইহার উপবিভাগ গলিয়া গ্রহণ হয়। সাধারণতঃ উদ্ভাপিণ্ডের অভ্যন্তরভাগ অসংখ্য ছিদ্রযুক্ত। ধাতব পদার্থের মিশ্রণে ইহা দৃঢ়। ইহাদের ওজন প্রায় ১ টনের অধিক হইয়া থাকে। নিকেল এবং লৌহই উদ্ভাপিণ্ডের প্রধান উপাদান। দক্ষিণ-পশ্চিম আফ্রিকার “হোবা” (Hoba) উদ্ভাপিণ্ডের উপবিভাগ ৯×১০ ফুট এবং প্রায় ৩ ফুট উচ্চ। আমেরিকার Willamette উদ্ভাপিণ্ডের ওজন প্রায় ১৫ টন। ইহা ১৯০২ খ্রীস্টাব্দে আবিষ্কৃত হইয়াছিল। ১৯০৮ খ্রীস্টাব্দে ৩০ জুন তারিখে সাইবেরিয়াতে জঙ্গল এলাকার দিনের বেলায় বিশাল এক উদ্ভাপিণ্ডের পতন হয়। ইহার পতনের সময় যে অগ্নিপিণ্ড হুট হুট তাহা শত শত মাইল দূরে দেখা গিয়াছিল। প্রায় ৩০ হইতে ৩০০ মাইল পর্বত গাছ-পালা ধ্বংস হইয়া গিয়াছিল।

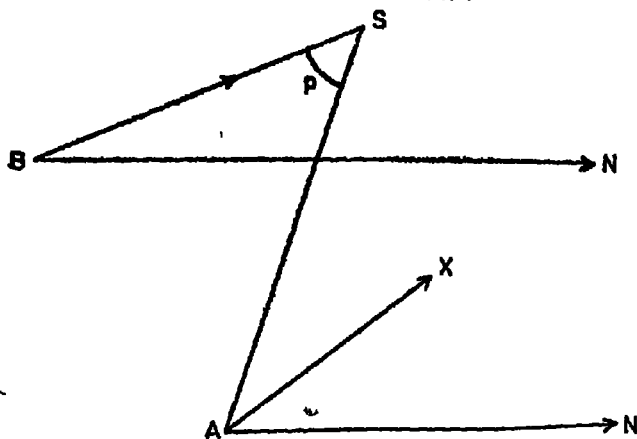
১১.৮. সৌরজগতের সৃষ্টিতত্ত্ব

১৭৯৬ খ্রীস্টাব্দে ফরাসী দেশীয় পণ্ডিত ল্যাপ্লাস (Laplace) সর্বপ্রথম সৌরজগতের সৃষ্টি সম্বন্ধে “নেবুলা” তত্ত্বের উদ্ভাবন করেন। এই তত্ত্ব অনুযায়ী সূর্যের চারিপার্শ্বে আবর্তনবত এক বিশাল গ্যাসের কুণ্ডলী হইতে সর্বপ্রথম গ্রহ-উপগ্রহ ইত্যাদির সৃষ্টি হয়। এই কুণ্ডলী

দ্বাদশ অধ্যায়
কৌণিক ভ্রান্তি
(PARALLAX ERROR)

১২.১.

মনে ককন ভূ-গুষ্ঠের দুইটি স্থান A এবং B হইতে কোন নির্দিষ্ট দিকের সহিত একটি জ্যোতিষ্কের কৌণিক ব্যবধান নির্ণয় করা হইল। মনে ককন S দ্বারা জ্যোতিষ্কের অবস্থান, AN দ্বারা নির্দিষ্ট দিককে বুঝান হইল। A-বিন্দুতে S, AN-এর সহিত $\angle SAN$ কোণ উৎপন্ন করিল। সেইকপ B বিন্দুতে S, AN-এর সমান্তরাল BN-এর সহিত $\angle SBN$ কোণ উৎপন্ন করিল। দেখা যায় যে এই কোণ দুইটি সমান না হইয়া উহাদের প্রভেদ $\angle BSA = P$ -এর সমান।



এই প্রভেদকে জ্যোতিষ্কের দুই স্থানের কৌণিক ভ্রান্তি বলে। এই দুইটি স্থানের একটি যদি ভূ-গুষ্ঠে এবং আর একটি যদি ভূ-কেন্দ্রে গ্রহণ করা হয় তাহা হইলে AN-কে পৃথিবীর ব্যাসার্ধের সমান লইয়া আমরা যে কৌণিক ভ্রান্তি পাইব তাহাকে ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক ভ্রান্তি (geocentric parallax) বা শুধু ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তি বলে।

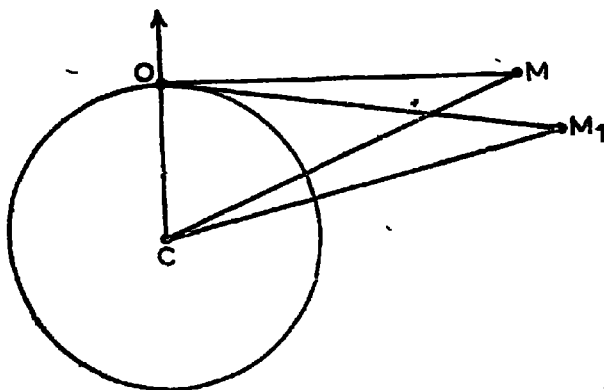
আবার A বিন্দুকে ভূ-কেন্দ্রে এবং B বিন্দুকে সূর্যের কেন্দ্রস্থলে ধরিয়া যে কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয় করা হয় তাহাকে সূ-কেন্দ্রিক (সূর্য কেন্দ্রিক

বা সৌর কেন্দ্রিক) বা বাৎসরিক কৌণিক দ্রাষ্টি (Annual parallax) বলে। অতএব কৌণিক দ্রাষ্টি দুই প্রকার যথা:—

(ক) ভূ-কেন্দ্রিক এবং (খ) সূর্য-কেন্দ্রিক বা বাৎসরিক।

১২.২ ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টি

কোন স্থানে ভূ-কেন্দ্র হইতে অঙ্কিত ব্যাসার্ধ কোন জ্যোতিষে যে কোণ উৎপন্ন হবে সেই কোণকে ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টি বলে। মনে করুন C পৃথিবীর কেন্দ্র এবং O বিন্দু ভূ-পৃষ্ঠে কোন স্থান নির্দেশ করিতেছে। M একটি জ্যোতিষের অবস্থান। $\angle OMC$ = ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টি।



যখন জ্যোতিষটি আকাশে উদয় হইতে থাকে অর্থাৎ যখন ইহা দিগন্ত রস্তের উপর অবস্থান করে তখন যে ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টি সৃষ্ট হয় তাহাকে উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি (horizontal parallax) বলে।

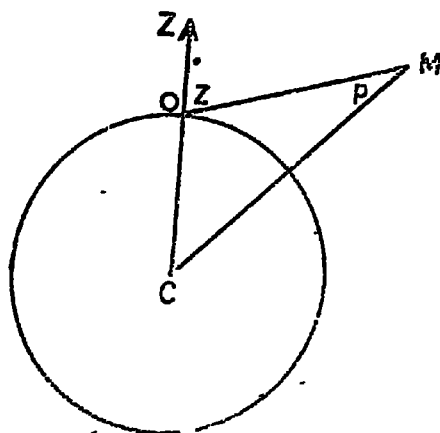
১২.৩. ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টির প্রভাব

পৃথিবীকে একটি গোলক মনে করিয়া C বিন্দুকে উহাৰ কেন্দ্র এবং O বিন্দুকে ভূ-পৃষ্ঠে কোন নির্দিষ্ট স্থান ধরিয়া লইলে জ্যোতিষের নির্ণীত জেনিথ দূর $\angle ZOM$ -কে আমবা লিখিতে পাবি

$$\angle ZOM = \angle ZCM + \angle CMO.$$

$$Z = \angle ZCM + p$$

অতএব ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তির ফলে প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব ভূ-কেন্দ্রিক জেনিথ দূরত্ব অপেক্ষা বেশী হয়।



ভূ-কেন্দ্রিক জেনিথ, দূরত্ব

মনে করুন $a = CO =$ পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

$d = CM =$ জ্যোতিষের দূরত্ব (চন্দ্র)।

$Z = \angle ZOM =$ প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব

$p =$ ভ্রান্তি

OCM ত্রিভুজ হইতে আমরা লিখিতে পারি যে

$$\frac{\sin \angle CMO}{CO} = \frac{\sin \angle COM}{CM}$$

$$\text{অথবা} \quad \frac{\sin p}{a} = \frac{\sin (180^\circ - Z)}{d}$$

$$\text{অথবা} \quad \sin p = \frac{a}{d} \sin Z \quad (১)$$

যদি $P =$ উদয়কালীন ভ্রান্তির পরিমাণ হয়, তাহা হইলে

$$\sin P = \frac{a}{d} \sin 90^\circ = \frac{a}{d} \quad (২)$$

(১) এবং (২) হইতে আমরা লিখিতে পারি

$$\sin p = \sin P \sin Z$$

যেহেতু p এবং P -এর মান অতি সামান্য, অতএব আমরা
 $\sin p \approx p$ এবং $\sin P \approx P$ লইয়া

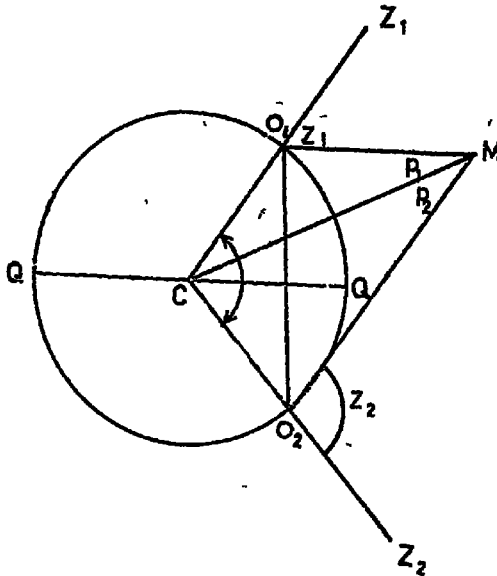
$$p = P \sin Z \quad (৪)$$

যদি p এবং P -কে বেডিযানের পবিবর্তে সেকেন্ডে পবিবর্তন করা যায়
 তাহা হইলেও

$$\text{চন্দ্রের ক্ষেত্রে } P = \frac{p''}{d} = 57'' \quad \text{প্রকৃত মান } 3422''$$

১২৪. চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টির পরিমাণ নির্ণয়

মনে করুন O_1 এবং O_2 ভূ-পৃষ্ঠে দুইটি নির্দিষ্ট স্থান এবং তাহাণ্ডা
 একই দ্রাঘিমা রেখায় অবস্থিত। ফলে চন্দ্র একই সময়ে উভয় স্থানেই



মেমিডিযান অতিক্রম কবিবে। যদি φ_1 , φ_2 স্থান দুইটির অক্ষাংশ হয়
 তাহা হইলে $\angle O_1CO_2 = \varphi_1 + \varphi_2$ । চিত্র হইতে আমরা পাই

$$\begin{aligned}\angle CO_1O_2 &= \angle CO_2O_1 = \frac{1}{2}(180^\circ - \varphi_1 - \varphi_2) \\ &= 90^\circ - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\end{aligned}\quad (৫)$$

$$\begin{aligned}\therefore \angle MO_1O_2 &= 180^\circ - Z_1 - \left(90^\circ - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right) \\ &= 90^\circ + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} - Z_1\end{aligned}\quad (৬)$$

$$\begin{aligned}\text{এবং } \angle MO_2O_1 &= 180^\circ - Z_2 - \left(90^\circ - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right) \\ &= \frac{90^\circ + \varphi_1 + \varphi_2}{2} - Z_2\end{aligned}\quad (৭)$$

$$\angle O_1MO_2 = (Z_1 + Z_2) - (\varphi_1 + \varphi_2)\quad (৮)$$

যদি P'' = উদযকালীন দ্রাঘি, তাহা হইলে

$$p_1'' = P'' \sin Z_1, \quad p_2'' = P'' \sin Z_2\quad (৯)$$

$$P_1'' + P_2'' = P'' (\sin Z_1 + \sin Z_2)$$

$$\text{অথবা } P'' = \frac{P_1'' + P_2''}{\sin Z_1 + \sin Z_2}\quad (১০)$$

(৮), (৯) এবং (১০) হইতে, যেহেতু $p_1'' + p_2'' = \angle O_1MO_2$,

$$P'' = \frac{(Z_1 + Z_2) - (\varphi_1 + \varphi_2)}{\sin Z_1 + \sin Z_2}$$

যদি আমরা CM এবং p_1 , p_2 -এব মান নির্ণয় কবিত্তে চাই, তাহা হইলে আমবা নিম্নলিখিত সূত্র অবলম্বন কবি—

$$\text{এখানে } O_1O_2 = 2O_1C \sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\quad (১১)$$

O_1O_2M ত্রিভুজ হইতে $\angle O_1O_2M$, O_1M এবং O_2M -এব মান নির্ণয় কবা যায়। এবং CO_1M ত্রিভুজ হইতে আমরা পাই

$$\begin{aligned}CM^2 &= CO_1^2 + O_1M^2 - 2CO_1 \cdot O_1M \cos (180^\circ - Z_1) \\ &= CO_1^2 + O_1M^2 + 2CO_1 \cdot O_1M \cos Z_1\end{aligned}\quad (১২)$$

অতএব CM (চন্দ্রের দূরত্ব) নির্ণয় কবা যায়।

উদাহরণ ১৭। একই দ্রাঘিমাংশ অবস্থিত দুইটি স্থান (স্থানীয় অক্ষাংশ যথাক্রমে $\varphi_1 = 51^\circ 30' N$, $\varphi_2 = 35^\circ 56' S$) হইতে চন্দ্রের কেন্দ্র-বিন্দু

জেনিথ দৃষ্ণ মাপিয়া উহাদেব মান যথাক্রমে $36^{\circ}52'$ এবং $51^{\circ}54'$ পাওয়া গেল। ইহা হইতে চন্দ্ৰের উদয়কালীন দ্রাষ্টি এবং পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে দৃষ্ণ নির্ণয় করুন।

মনে করুন প্রতিসরণজনিত সংশোধনের পরিমাণ R_1'' এবং R_2'' তাহা হইলে

$$R_1 = 58'2'' \tan 36^{\circ}52' = 43''65$$

$$R_2 = 58'2'' \tan 51^{\circ}54' = 74''22$$

অতএব, চন্দ্ৰের জেনিথ দৃষ্ণ যথাক্রমে

$$Z_1 = 36^{\circ}52'43''65$$

$$Z_2 = 51^{\circ}55'14''22$$

মনে করুন O_1 , O_2 স্থানের ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টি যথাক্রমে p_1 , p_2 এবং Z_1 , Z_2 যথাক্রমে z_1 , z_2 -এর হলে প্রকৃত জেনিথ দৃষ্ণ। অতএব

$$p_1 = z_1 - Z_1, \quad p_2 = z_2 - Z_2$$

$$p_1 + p_2 = (z_1 + z_2) - (Z_1 + Z_2)$$

$$= 88^{\circ}47'57''87 - (\varphi_1 + \varphi_2) \text{ যেহেতু } Z_1 + Z_2 = \varphi_1 + \varphi_2$$

$$= 88^{\circ}47'57''87 - 87^{\circ}26'$$

$$= 1^{\circ}21'57''87$$

$$\text{কিন্তু } p_1 = P'' \sin z_1 = P'' \sin 36^{\circ}52'43''65$$

$$\text{এবং } p_2 = P'' \sin z_2 = P'' \sin 51^{\circ}55'14''22$$

$$P' (\sin 36^{\circ}52'43''65 + \sin 51^{\circ}55'14''22) = 1^{\circ}21'57''87$$

$$\text{অথবা } P' (5997 + 7853) = 1^{\circ}21'57''87$$

$$\text{অথবা } P' \times 13850 = 4917'87''$$

$$P' = 3550'' = 59'10''$$

$$\text{আবার } P = \frac{a}{d}, \quad a = \text{পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,}$$

$$d = \text{চন্দ্ৰের দৃষ্ণ}$$

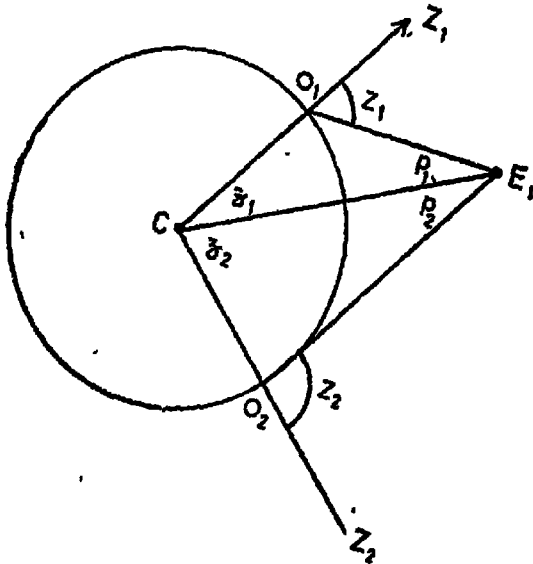
$$d = \frac{206265 \times a}{3550} \text{ মাইল}$$

$$= \frac{206265 \times 3960}{3550}$$

$$= 231720 \text{ মাইল} \quad (\text{আসন্ন মান})$$

১২.৫. Eros (asteroid)-এর কৌণিক ভ্রান্তির সাহায্যে শুক্রের কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয়

যখন Eros শুক্রের বিপবীত দিকে অবস্থান করে তখন ইহার কৌণিক ভ্রান্তি গণনা করিয়া আমরা শুক্রের কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয় করিতে পারি।



মনে করুন দু-গুণে O_1 এবং O_2 দুইটি স্থান বিশ্বববেশা হইতে সমদূরবর্তী প্রায় একই দ্রাবিমাণ অবস্থিত। মনে করুন asteroid Eros E_1 বিন্দুতে পৃথিবীর তুলনায় শুক্রের বিপবীত দিকে অবস্থান করিতেছে। মনে করুন Z_1, Z_2 E_1 -এর জেনিথ দূর এবং p_1, p_2 যথাক্রমে কৌণিক ভ্রান্তি। তাহা হইলে $Z_1 = p_1 + z_1$

$$Z_2 = p_2 + z_2$$

$$\therefore Z_1 + Z_2 = (p_1 + p_2) + (z_1 + z_2).$$

কিন্তু $z_1 + z_2 = \phi_1 + \phi_2$, (ϕ_1, ϕ_2 স্থানীয় অক্ষাংশ)

$$\therefore p_1 + p_2 = Z_1 + Z_2 - (\phi_1 + \phi_2).$$

এখন, $p_1 = PE_1 \sin Z_1$ এবং $p_2 = PE_1 \sin Z_2$. (এখানে

PE_1, E_1 -এর ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তি)।

$$\text{অতএব } P_{E_1} (\sin Z_1 + \sin Z_2) = Z_1 + Z_2 - (\varphi_1 + \varphi_2)$$

$$\text{অথবা, } P_{E_1} = \frac{Z_1 + Z_2 - (\varphi_1 + \varphi_2)}{\sin Z_1 + \sin Z_2} \quad (১৩)$$

মনে ককন ভূ-কেন্দ্র হইতে E_1 এর দূরত্ব $=x$. এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ $=r$

$$\frac{r}{x} = P_{E_1} \text{ অথবা } x = \frac{r}{P_{E_1}} \text{ মাইল} \quad (১৪)$$

মনে ককন সূর্য হইতে পৃথিবী এবং Eros (E_1 -এব অবস্থানে)-এব দূরত্ব যথাক্রমে a_1 এবং a_2

$$\text{তাহা হইলে, } a_2 - a_1 = x = \frac{r}{P_{E_1}} \quad (১৫)$$

মনে ককন T_1 এবং T_2 যথাক্রমে পৃথিবী এবং Eros-এব সূর্যের চারিদিকেব আবর্তন সময়। তাহা হইলে Kepler-এব তৃতীয় নিয়ম

$$\text{হইতে আমবা পাই } \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

$$\text{অথবা, } \frac{a_2}{a_1} = T_2^{2/3} \quad (T_1 = \text{এক বৎসব}) \quad (১৬)$$

(১৫) এবং (১৬) হইতে আমবা পাই

$$a_1(T_2^{2/3} - 1) = \frac{r}{P_{E_1}}$$

$$\text{অথবা, } a_1 = \frac{r}{P_{E_1}(T_2^{2/3} - 1)} \text{ মাইল} \quad (১৭)$$

(১৭) হইতে আমবা সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব পাইতে পাবি।

সর্বশেষে, মনে ককন সূর্যের কৌণিক ভ্ৰান্তি $=P_s$. তাহা হইলে

$$P_s = \frac{r}{a_1} = P_{E_1}(T_2^{2/3} - 1) \quad (১৮)$$

পর্যবেক্ষণ হইতে দেখা গিয়াছে যে, $P_s = 8'' 790$

অতএব $a_1 = 93,005,000$ মাইল।

১২ ৬ একটি জ্যোতিষ্কের উদয়কালীন কৌণিক ভ্ৰান্তি এবং ইহার গড় দূরত্ব

মনে ককন জ্যোতিষ্কটি যখন উদয় হইতেছে তখন ইহার কৌণিক ভ্ৰান্তিৰ পরিমাণ P'' , এখানে $Z=90^\circ$

$$\text{সুতরাং } \sin \frac{P}{206265} = \frac{a}{d} \sin 90^\circ = \frac{a}{d}$$

যেহেতু $\frac{P}{206265}$ এর মান ক্ষুদ্র, অতএব আমরা লিখিতে পারি যে

$$\sin \frac{P}{206265} \approx \frac{P}{206265}$$

$$\therefore \frac{P}{206265} = \frac{a}{d}$$

$$\text{অথবা } P = \frac{a}{d} \times 206265$$

$$\text{এবং } d = \frac{a \times 206265}{P} = \frac{3960 \times 206265}{P}$$

উদাহরণ ১৮। পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব যদি পৃথিবীর ব্যাসার্ধের ৬০ গুণ হব তাহা হইলে চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি কত হইবে নির্ণয় করুন।

এখানে চন্দ্রের কৌণিক দ্রাষ্টিকে P ধরিয়া আমরা পাই

$$P = \frac{a}{d} \times 206265 = \frac{a}{60a} \times 206265$$

$$P = 3437''75$$

$$= 57^\circ 17'75''$$

উদাহরণ ১৯। সূর্যের উদয়কালীন দ্রাষ্টিকে $8''.790$ ধরিয়া এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধকে ৩৯৬০ মাইল ধরিয়া সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব নির্ণয় করুন।

মনে করুন নির্ণয় দূরত্ব $= d$ মাইল

$$\text{তাহা হইলে } d = \frac{a \times 206265}{P} = \frac{3960 \times 206265}{8.790}$$

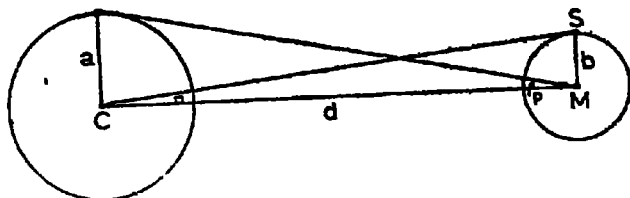
$$= 92,924,847 \text{ মাইল।}$$

১২৭ উদয়কালীন দ্রাষ্টি এবং কৌণিক ব্যাস হইতে

চন্দ্রের প্রকৃত ব্যাস নির্ণয়

মনে করুন C , M বথাক্রমে পৃথিবী এবং চন্দ্রের কেন্দ্র, a , b উহাদের ব্যাসার্ধ এবং p , চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি। আরও মনে

ককন যে ছ-কেন্দ্রে চক্রেব ব্যাসার্ধ m কোণ উৎপন্ন করিযাছে এবং মনে



ককন $CM=d$ তাহা হইলে

$$\sin \frac{p}{206265} = \frac{a}{d} \quad (১৯)$$

$$\text{এবং,} \quad \sin \frac{m}{206265} = \frac{b}{d} \quad (২০)$$

(১৯) কে (২০) দ্বাৰা ভাগ কৰিযা এবং $\sin \frac{P}{206265} \approx \frac{P}{206265}$

$\sin \frac{m}{206265} \approx \frac{m}{206265}$ লিখিযা আমবা পাই

$$\frac{p}{m} = \frac{a}{b}$$

$$\text{অথবা} \quad b = \frac{a \times m}{p} \text{ মাইল} \quad (২১)$$

মনে ককন $p=57'2''$, $m=31', 5''$

এবং পৃথিবীৰ ব্যাসার্ধ=৩৯৬০ মাইল।

$$\text{চক্রেব ব্যাস} = 2b = \frac{2a \times m}{p} = \frac{a \times 2m}{p}$$

$$\text{অথবা} \quad 2b = \frac{3960 \times 31'5''}{57'2''}$$

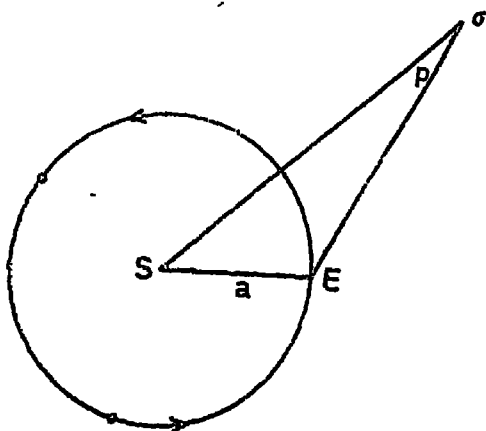
$$= 2158 \text{ মাইল।}$$

১২৮ স-কেন্দ্রিক বা বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি (Annual parallax)

সাধাৰণতঃ দৃববৰ্তী গ্রহগুলি এবং নক্ষত্রগুলি এত দূৰে অবস্থিত যে তাহাদেব ছ-কেন্দ্রিক কৌণিক ভ্রান্তিব পৰিমাণ নিতান্ত নগণ্য। সেই জন্ত পৃথিবীৰ বাসার্থকে অবলম্বন না কৰিযা পৃথিবীৰ কেন্দ্রেব সহিত

সূর্যের কেন্দ্রেব দূরত্বকে অবলম্বন করিয়া অথবা উভয়েব কেন্দ্র সংযোগ-কারী সলবেখাকে অবলম্বন করিয়া যে কৌণিক দ্রাষ্টি নির্ণয় করা হয় তাহাকে সূর্য-কেন্দ্রিক বা সূ-কেন্দ্রিক বা বাৎসরিক কৌণিক দ্রাষ্টি (annual parallax) বলে।

মনে করুন O দ্বারা একটি নক্ষত্র, S দ্বারা সূর্য এবং E দ্বারা পৃথিবীকে নির্দিষ্ট করা হইল। তাহা হইলে SO = সূর্য হইতে নক্ষত্রেব দূরত্ব (heliocentric distance), EO = পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে নক্ষত্রেব দূরত্ব, ES = সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব।



তাহা হইলে $\angle EoS = p$ দ্বারা সূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টির পরিমাণ বুঝাইবে।

এখন SEO ত্রিভুজ হইতে আমরা পাই

$$\frac{\sin p}{a} = \frac{\sin E}{d}, \quad d = SO$$

এই সমীকরণ হইতে আমরা দেখিতেছি যে $E = 90^\circ$ হইলে p এর মান সর্বাধিক হইবে।

মনে করুন $p = \pi$ যখন $E = 90^\circ$

$$\text{অর্থাৎ} \quad \sin \pi = \frac{a}{d} \sin 90^\circ = \frac{a}{d}$$

$$\text{অতএব} \quad \sin p = \frac{a}{d} \sin E$$

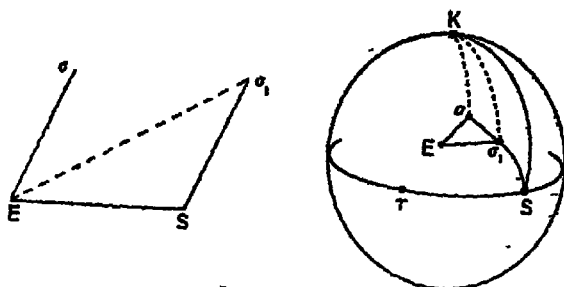
$$\text{অর্থাৎ} \quad \sin p = \sin \pi \sin E.$$

যেহেতু p এবং π -এর মান সর্বদাই অতি ক্ষুদ্র, অতএব আমরা লিখিতে পারি যে, $\sin p \approx p$, $\sin \pi \approx \pi$

$$p = \pi \sin E \quad (\text{জানক্স মান}) \quad (২২)$$

১২৯. বাৎসরিক দ্রাষ্টিজনিত কলাকল

মনে করুন একটি নক্ষত্র, পৃথিবী এবং সূর্যের অবস্থান যথাক্রমে σ , E এবং S দ্বারা সূচিত হইল। $E\sigma$, $S\sigma_1$ -এর সমান্তরাল। অতএব $E\sigma$, $E\sigma_1$, $S\sigma_1$ একই সমতলে অবস্থিত। মনে করুন $E\sigma_1$, $E\sigma$ এবং ES স্থানীয় মহা-গোলককে যথাক্রমে σ_1 , σ এবং S বিন্দুতে ছেদ করিল।



অতএব σ , σ_1 এবং S একই মহাবৃত্তে ছেদ করিবে এবং S এক্সিপ্লিকের উপর অবস্থান করিবে। যেহেতু পৃথিবী হইতে নক্ষত্রকে $E\sigma_1$ -এর দিকে দেখা যায় অতএব E বিন্দুতে সূর্য এবং নক্ষত্রের কৌণিক দূরত্ব = $\angle \sigma_1 ES$ অথবা $\angle \sigma S$ কিন্তু প্রকৃত কৌণিক দূরত্ব = $\angle \sigma ES$

$$\angle \sigma ES = \angle \sigma S \sigma_1 + \angle \sigma_1 ES$$

= বাৎসরিক কৌণিক দ্রাষ্টি + E বিন্দুতে সূর্য এবং নক্ষত্রের কৌণিক ব্যবধান।

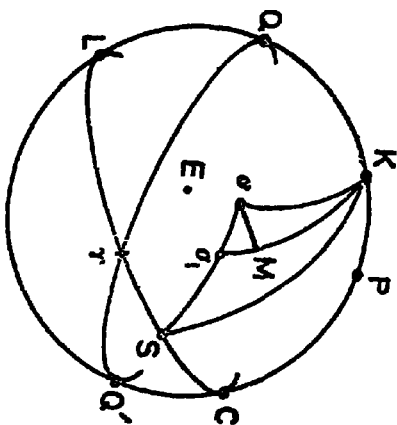
অতএব আমরা পাই যে

(a) বাৎসরিক কৌণিক দ্রাষ্টিব জন্য একটি নক্ষত্রকে সূর্যের দিকে সন্নিহিত আসিতে দেখা যায়,

(b) বাৎসরিক কৌণিক দ্রাষ্টি সূর্য হইতে নক্ষত্রের কৌণিক ব্যবধানের সহিত (22) সমীকরণ দ্বারা যুক্ত।

(c) বাৎসরিক কৌণিক দ্রাঘিৱ জন্ত (i) আকাশে সাধারণ স্থানে অবস্থিত একটি নক্ষত্রকে একটি ক্ষুদ্রাকার উপবৃত্তে পরিভ্রমণ কবিত্তে দেখা যায় ; (ii) এরিপিটকের পোলে অবস্থিত একটি নক্ষত্রকে বৃত্তাকারে এবং (iii) এরিপিটকে অবস্থিত একটি নক্ষত্রকে একটি সরলরেখায় ইত্যন্তঃ পরিভ্রমণ কবিত্তে দেখা যায়। শেবোক্ত ক্ষেত্রে সবলরেখাটি প্রকৃতপক্ষে মহাবৃত্তের একটি অংশবিশেষ।

(১) মনে ককন σ নক্ষত্রের একটি সাধারণ অবস্থান (এরিপিটিক এবং ইহাব পোল্ ব্যতীত)। মনে ককন σ_1 এবং σ যথাক্রমে ভূকেন্দ্রিক (geocentric) এবং সূ-কেন্দ্রিক (heliocentric) অবস্থান S, সূর্যের অবস্থান। মনে ককন σM , $K\sigma_1$ -এর উপব লম্ব। মনে ককন (λ, β) এবং (λ', β') যথাক্রমে σ এবং σ_1 -এর মহাদ্রাঘিমা এবং দক্ষাংশ এবং $\gamma S = 0, \angle \sigma_1 ES = 0$



σM কে x -অক্ষ এবং σM -এর উপব লম্ব বৃত্তাংশকে y -অক্ষ বেখা কল্পনা কবিয়া, $\angle M\sigma\sigma_1 = \eta$ ধবিয়া জামবা $\sigma M\sigma_1$ ত্রিভুজ-হইতে পাই

$$x = \sigma M = \sigma \sigma_1 \cos \eta = \pi \sin \theta \cos \gamma$$

$$\therefore x = \pi \sin \theta \sin \left(\frac{\pi}{2} + \eta \right) \quad \left| \frac{K\sigma M}{\sigma} = \frac{\pi}{2} \right.$$

$$= \pi \sin KS \sin \sigma KS$$

$$= \pi \sin (0 - \lambda) \quad (20)$$

$$\text{এবং } y = M\sigma\sigma_1 = \sigma_1 \sin \eta = -\pi \sin \theta \cos \left(\frac{\pi}{2} + \eta \right)$$

$$\therefore y = -\pi (\cos KS \sin K\sigma - \sin KS \cos K\sigma \cos \sigma KS)$$

$$= \pi \sin \beta \cos (\theta - \lambda) \quad (২৪)$$

(২৩) এবং (২৪) হইতে আমরা পাই

$$\frac{\lambda^2}{\pi^2} + \frac{y^2}{\pi^2 \sin^2 \beta} = 1 \quad (২৫)$$

(২৫) সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে, θ_1, θ_2 কে কেন্দ্র করিয়া উপ-
হস্তাকারে পবিত্রমণ করিয়া থাকে।

(ii) যদি নক্ষত্রটি K বিন্দুতে অবস্থান করে অর্থাৎ এলিপটিকের
পোলে অবস্থান করে তাহা হইলে নক্ষত্রের অক্ষাংশ $= 90^\circ$ এবং (২৫)
হইতে আমরা পাই

$$\frac{\lambda^2}{\pi^2} + \frac{y^2}{\pi^2 \sin^2 90^\circ} = 1$$

$$\text{অর্থাৎ, } \lambda^2 + y^2 = \pi^2 \quad (২৬)$$

(২৬) সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে এলিপটিকের পোলে অবস্থিত
নক্ষত্র একটি হস্তাকার পথে পবিত্রমণ করে।

(iii) সর্বশেষে, যদি নক্ষত্রটি এলিপটিকের উপর অবস্থান করে তাহা
হইলে $\beta = 0$ এবং (২৩) এবং (২৪) হইতে আমরা পাই—

$$x = \pi \sin (\theta - \lambda)$$

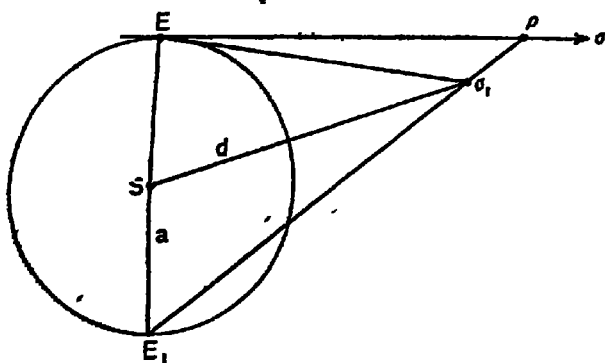
$$y = 0$$

অতএব এমতাবস্থায় নক্ষত্রটিকে একটি সরলরেখার ভ্রমণ করিতে দেখা
যাইবে।

১২১০ নক্ষত্রের বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয়

মনে করুন সূর্য, S হইতে d দূরত্বে একটি নক্ষত্র σ_1 অবস্থান করিতেছে।
মনে করুন হস্তাকার কক্ষপথে ছয় মাসের ব্যবধানে পৃথিবী E এবং E_1
অবস্থানে বহিয়াছে। অতএব $SE_1 = 186010000$ মাইল (প্রায়)।
নক্ষত্রটি অভ্যন্তরীণ দূরত্বের আনন্দা মনে করিতে পারি যে $\sigma_1 S$ রেখা
প্রস্থতপক্ষে LE_1 রেখার উপর লম্ব। মনে করুন আবহ দূরত্বটী একটি
নক্ষত্র σ_2 , σ_1 -এর নিকটবর্তী এলাকায় অবস্থান করিতেছে যেন $E_1 \sigma_2$
এবং $E \sigma_2$ সমান্তরাল মনে করা যায় এবং σ_2 নক্ষত্রটির কৌণিক ভ্রান্তি

নগণ্য বলিয়া ধরিয়া লওয়া যায়। $E_1 \sigma_1$ -কে বর্ধিত করায় EO -কে F



বিস্তৃত হেতু কবিল। তাহা হইলে

$$2p'' = \angle E\sigma_1 E_1 = \angle EPE_1 + \angle pE\sigma_1 \\ = [\angle oE_1 p + \angle oE\sigma_1]$$

উক্ত দিক্‌কায় কোণ দুইটি মাপিয়া p -এর মান নির্ণয় করা যায়।

১২-১১.- বাৎসরিক কৌণিক দ্রাষ্টি এবং নক্ষত্রের দূরত্ব নির্ণয়

গনে কখন নক্ষত্রের স্বহস্তম বাৎসরিক কৌণিক দ্রাষ্টি = π এবং ইহাব সূর্য-কেন্দ্রে হইতে দূরত্ব = d তাহা হইলে

$$\frac{\pi}{206265} = \frac{a}{d} \text{ অথবা, } d = \frac{206265 \times 93005000}{\pi} \text{ মাইল।}$$

প্রশ্নমালা—১০

১। গ্রহের ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক দ্রাষ্টি কাকে বলে এবং গ্রহের অবস্থানের উপর এই দ্রাষ্টির ফল কি? প্রমাণ কখন যে একটি জ্যোতিষের ভূ-কেন্দ্রিক দ্রাষ্টি, উহাব জেনিথ দূরত্বের \sin -এর অনুপাতে হ্রাস পায়।

২। চন্দ্রের পবিসীমার উচ্চতম বিস্তৃত জেনিথ দূরত্ব $58^\circ 28' 21''$, উহাব উদয়কালীন দ্রাষ্টি $60' 16''$, ব্যাসার্ধ $16' 25''$ এবং স্থানীয় অক্ষাংশ $50^\circ 45'$ এবং প্রতিসরণ অংক 58.2 হইলে চন্দ্রের নতি নির্ণয় করুন।

৩। সূর্যেব কৌণিক দ্রাষ্টি $8^{\circ}79'$ ইহাব কৌণিক ব্যাস $32'$ এবং পৃথিবীৰ ব্যাসার্ধ 3960 মাইল হইলে উহাব প্রকৃত ব্যাসেৰ মান নির্ণয় ককন।

৪। চন্দ্রেব উদয়কালীন দ্রাষ্টি $57'$, কৌণিক ব্যাস $32'$ এবং উহাব ব্যাসার্ধ 3960 মাইল হইলে উহাব ব্যাস নির্ণয় ককন।

৫। সূর্যেব আপাত জেনিথ দূৰত্ব 45° এবং উদয়কালীন দ্রাষ্টি $8^{\circ}79'$ হইলে উহাব প্রকৃত জেনিথ দূৰত্ব কত?

৬। শূক্ৰ গ্রহেব উদয়কালীন দ্রাষ্টিৰ পরিমাণ $9^{\circ}.3$ এবং ব্যাসার্ধ (কৌণিক) $8^{\circ}9'$ হইলে গ্রহটিৰ প্রকৃত ব্যাস এবং পৃথিবী হইতে দূৰত্ব নির্ণয় ককন।

৭। চন্দ্রেব সর্বাঙ্গিক এবং সর্বনিম্ন উদয়কালীন দ্রাষ্টিৰ পরিমাণ $61^{\circ}26''$ এবং $54^{\circ}01''$ । হইলে পৃথিবী হইতে চন্দ্রেব বৃহত্তম এবং নিকটতম দূৰত্ব নির্ণয় ককন।

৮। বাৎসবিক কৌণিক দ্রাষ্টি এবং ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক দ্রাষ্টিৰ মধ্যে প্রভেদ কি তাহা বর্ণনা ককন। প্রমাণ ককন যে একটি নক্ষত্রেব বাৎসবিক দ্রাষ্টি, সূর্য হইতে উহাব কৌণিক ব্যবধানেব $\sin e$ -এৰ অনুপাতে বৃদ্ধি পায়।

৯। বাৎসবিক কৌণিক দ্রাষ্টি নির্ণয়েব একটি পদ্ধতি বর্ণনা ককন।

১০। যদি একটি নক্ষত্র হইতে আলো আসিতে 230 বৎসৰ সময়েব প্রয়োজন হয়, তাহা হইলে ঐ নক্ষত্রেব বাৎসবিক কৌণিক দ্রাষ্টি কত তাহা নির্ণয় ককন।

১১। আকাশেব কোন স্থানে একটি নক্ষত্রেব বাৎসবিক দ্রাষ্টি থাকিবে না? আকাশেব কোন স্থানে একটি নক্ষত্রেব বাৎসবিক দ্রাষ্টি সর্বাঙ্গিক হইবে?

ত্রয়োদশ অধ্যায়

সূর্য

(THE SUN)

আমরা সৌরজগতের অন্তর্গত পৃথিবী গ্রহের অধিবাসী। সূর্যই একমাত্র “নক্ষত্র” (star) যাহাকে আমরা সবচেয়ে নিকটে দেখিতে পাই। সূর্যের পবই আমাদের নিকটতম নক্ষত্রের দূরত্ব এত অধিক যে সেই নক্ষত্র হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় ৩ বৎসব সময়ের প্রয়োজন হয়। সূর্য হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় ৮ মিনিট সময় প্রয়োজন হয়।

১৩১ সূর্যের প্রকৃতি

সূর্য জলন্ত গ্যাসের ‘গিণ্ড’ (globe)। ইহাকে একটি বলের মত কল্পনা করিলে ইহার ব্যাস প্রায় ৮৬৪,০০০ মাইল অর্থাৎ পৃথিবীর ব্যাসের প্রায় ১০৯ গুণ বেশী। অতএব আকারে ইহা ১,০০০,০০০ টি পৃথিবীর সমান কিন্তু ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব (density) পৃথিবীর ঘনত্বের মাত্র এক-চতুর্থাংশ। সূর্যের উপবিভাগের তাপ $৬০০০^{\circ} K$ এবং কেন্দ্রস্থলের তাপ যে কত লক্ষ ডিগ্রী তাহা জানা যায় নাই।

সূর্যের বিভিন্ন অংশকে তিন ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। ইহার ভিতরের অংশ বা Interior। উপবিভাগের নাম “ফটোস্ফিয়ার” (photosphere)। এই অংশের ফটোগ্রাফ গ্রহণ করিয়া সূর্য সংক্ষেপে জ্ঞান লাভ করা সম্ভব হইয়াছে। ফটোস্ফিয়ারের বাহিরের লোহিত বর্ণের অংশকে “ক্রোমোস্ফিয়ার” (chromosphere) বলে। এই অঞ্চলের লোহিত বর্ণ হাইড্রোজেন বা উদ্‌যান গ্যাসের জন্ম হইয়াছে। ইহা ছাড়া সূর্যগ্রহণের সময় আমরা সূর্যের চাবিদিকে যে লেলিহান আভা দেখিতে পাই তাহাকে সূর্যের “করোনা” (corona) বলে।

১৩২ সূর্যের স্বীয় অক্ষের চারিপার্শ্বে আবর্তন (Sun's rotation)

টেলিস্কোপেব সাহায্যে দেখিতে পাওয়া গিয়াছে যে সূর্যের উপবিভাগেব অস্পষ্ট দাগগুলি (sun spots) ক্রমশঃ পশ্চিম হইতে পূর্বদিকে সন্ধ্যা যাইতে থাকে। কেন্দ্রস্থলে দৃষ্ট একটি দাগ প্রায় এক সপ্তাহ কাল সময়ে সূর্যের ধালাব (disc) একধাৰে সন্ধ্যা যায় এবং আৰ এক সপ্তাহ পৰে আৰাব কেন্দ্রস্থলে আবিৰ্ভাব হয়। এই ঘটনা হইতে বুঝা যায় যে সূর্য স্বীয় অক্ষের চাৰিদিকে আবর্তন কৰিয়া থাকে। সূর্যেব এই আক্ষিক গতি (rotation) পৃথিবীৰ আক্ষিক গতিৰই অনুকূপ। সূর্যের বিষুবতল, পৃথিবীৰ ককতলেব সহিত প্রায় 9° কোণে অবস্থিত বলিয়া সূর্যেব উপবিভাগেব অস্পষ্ট দাগগুলিকে অপেক্ষাকৃত বক্রবেধাৰ ভ্রমণ কৰিতে দেখা যায়। এই বক্রগতি মার্চ এবং সেপ্টেম্বৰ মাসে সর্বাধিক পৰিমাণে দেখা যায়। আৰাব ডিসেম্বৰ এবং জুন মাসে এই গতিৰ বক্রতা সবচেয়ে কম হইয়া থাকে।

সূর্যেব উপবিভাগেব বিভিন্ন অক্ষাংশেব আবর্তন কাল (period) স্পেকট্রোস্কপেব সাহায্যে স্থির কৰা হইয়াছে। বিষুবতলেব উপৰ এই আবর্তন কাল প্রায় ২৫ দিন। এই আবর্তন কাল ক্রমশঃ বৃদ্ধি পাইয়া 35° অক্ষাংশে প্রায় ২৭ দিন হইয়া থাকে।

১৩৩ সূর্য হইতে তাপ বিকিরণ (Radiation)

একটি উত্তপ্ত বস্তু হইতে তাপ স্থানান্তৰিত তিন প্রকাৰে সম্ভব হইতে পারে :

(ক) একটি বস্তুৰ এক প্রান্ত উত্তপ্ত হইলে সেই তাপ বস্তুৰ অভ্যন্তৰেব মধ্য দিয়া স্রোতেব আকাৰে প্রবাহিত হইতে পারে। এইভাবে যে তাপ স্থানান্তৰিত হয় তাহাকে পৰিবহণ বা "Conduction" বলা হয়। মনে ককুন একটি লম্বা লৌহ-দণ্ড লইয়া ইহাব এক প্রান্তকে উত্তপ্ত কৰা হইল, ফলে অন্ত প্রান্তে তাপ স্রোতেব আকাৰে প্রবাহিত হইবে।

(খ) অনেক সময় তাপ ঘোড়ের আকারে প্রবাহিত না হইয়া বহুতর উত্তপ্ত অংশ বিশেষ তাপ বহন করিয়া স্থান পরিবর্তন করে। মনে করুন একটি পাত্রে কোন তরল পদার্থ লইয়া জ্বাল দিতে আবৃত কবিশাম, প্রথমে তরল পদার্থের উপরিভাগ শীতল এবং তলদেশের পদার্থ উত্তপ্ত হইবে। পবে যতই উত্তাপ বাড়িতে থাকিবে ততই উত্তপ্ত তরল পদার্থ উপরের দিকে আসিতে থাকিবে এবং শীতলাংশ নীচের দিকে যাইবে। এইভাবে যে তাপ স্থানান্তরিত হয় তাহাকে প্রতিবহণ বা convection বলে।

(গ) উপবিম্লিখিত দুইটি প্রক্রিয়া ছাড়াও এক প্রকারে তাপ স্থানান্তরিত হয়। ইহাকে বেডিয়েশন (Radiation) বা বিকিরণ বলা হয়। সূর্য হইতে তাপ বিকীর্ণ হইয়া পৃথিবীতে আসে।

বৈজ্ঞানিকেরা নানা প্রকার গবেষণার পর বিকীর্ণ তাপ এবং তাপ মাত্রা (temperature) এর মধ্যে সম্বন্ধ কি তাহা আবিষ্কার করিয়াছেন। Stephan-Boltzman-এর নিয়মানুসারে, প্রতি সেকেন্ডে একটি আদর্শ বেডিয়েন্টার হইতে যে তাপ বিকীর্ণ হইবে তাহার পরিমাণ যদি প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে E আর্গ হয় তাহা হইলে $E = aT^4$ ($T \equiv$ তাপ মাত্রার পরিমাণ, $a =$ একটি বিশেষ নির্দিষ্ট সংখ্যা)। সূর্য হইতে যে বেডিয়েশন সংঘটিত হয় তাহার পরিমাণ হইতে স্থির করা হইয়াছে যে সূর্যের বহির্ভাগের তাপমাত্রা প্রায় 6000° । সূর্যের অভ্যন্তরভাগের তাপমাত্রার পরিমাণ সঠিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হয় নাই। অনেকে অনুমান করেন যে এই তাপমাত্রার পরিমাণ প্রায় $1,000,000^\circ$ । এই অত্যধিক তাপমাত্রার ফলে সূর্যের অভ্যন্তরস্থ বায়বীয় বস্তু গ্যাসীয় আকারে বিবাজ্য করিতেছে।

১৩৪. সূর্যের বহির্ভাগের বিশেষত্বগুলি

পরিষ্কার আকাশে সূর্যের দিকে খালি চোখে অনেকরূপ বায়বীয় দৃষ্টি নিবন্ধ রাখা উচিত নহে। ইহাতে চোখের ক্ষতি হইতে পারে। টেলিস্কোপে বিশেষ সাবধানতাব সহিত সূর্যকে দেখিতে হয়। সূর্যের

দিকে টেলিস্কোপ ব্যবহাব কৰিবাব জন্ত বিশেষ বকম কাচেৰ লেন্সেব (lens) ব্যবহাব কৰা হয়। বৰ্তমান কালে পৃথিবীৰ বিভিন্ন স্থানেব অবজাৰভেটবীতে দৈনন্দিন সূৰ্যেব ফটোগ্রাফ লওষা হইতেছে। এম্ন কি বেলুন বা বকেটেব সাহায্যে অতি উচ্চস্থান হইতে সূৰ্যেৰ পৰিকাব ফটোগ্রাফ হইতে সূৰ্য সৰ্ব্বদে নানা তথ্য জানা যায়।

আমৰা সূৰ্যেব যে উপবিভাগ দেখিতে পাই তাহাকে “ফটোস্ফিৰা” (photosphere) বলে। এই দৃশ্যমান উপবিভাগেব গভীৰতা প্ৰায় ২৫০ মাইল। এই দৃশ্যেব পৰেব স্তৰ আমৰা দেখিতে পাই না। ইহাৰ কাৰণ বোধ হয় এই যে অভ্যন্তৰেব স্তৰে ঞ্ণাদ্বক হাইড্ৰোজেন আৰনেব আধিকা ঘটিয়া থাকে।

টেলিস্কোপেব সাহায্যে সূৰ্যেব উপবিভাগে কৃষ্ণকাষ দাগ বা ছোপ (spot) দেখা যায়। এই দাগগুলি ছোট বড় নানা আকাৰেব হইষা থাকে। কোন কোন বৎসৰ সূৰ্যেব উপবিভাগে কোনই দাগ দেখা যায় না। আৰাব কোন কোন বৎসৰ অনেকগুলি টেলিস্কোপ দেখা যায়। প্ৰায় ১১১ বৎসবে এই কৃষ্ণকাষ দাগগুলি একই স্থানে ফিৰিষা আসে। ইহা হইতে প্ৰমাণ হয় যে সূৰ্য আপন মেকদণ্ডেব চাৰি দিকে ঘূৰিতেছে।

১৩৫ সূৰ্যেৰ কৌণিক দ্ৰাষ্টি এবং জ্যোতিৰ্বিজ্ঞান

দূৰত্বেৰ একক

আমৰা পূৰ্ববৰ্তী অধ্যায়ে কৌণিক দ্ৰাষ্টিৰ সাহায্যে কেমন কৰিষা জ্যোতিৰ্কেব দূৰত্ব নিৰ্ণয় কৰা যায় তাহা আলোচনা কৰিষাছি। এই ভাবে পৃথিবী হইতে সূৰ্যেব যে দূৰত্ব নিৰ্ণয় কৰা হইয়াছে সেই দূৰত্বকে একক ধৰিষা অত্যাশ্ৰয় নক্সত্ৰেব দূৰত্বকে এই এককে প্ৰকাশ কৰা হয়। সাধাৰণতঃ তিন উপায়ে সূৰ্যেব কৌণিক দ্ৰাষ্টি নিৰ্ণয় কৰা হয় যথা—

- (১) জ্যামিতীৰ পদ্ধতি (পূৰ্ববৰ্তী অধ্যায়ে আলোচিত হইয়াছে);
- (২) মাধ্যাকৰ্ষণ পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে পৃথিবী এবং সূৰ্যেব বস্ত্ৰৰ পৰিমাণেব অনুপাত নিৰ্ণয় কৰিষা তাহাৰ সাহায্যে কৌণিক দ্ৰাষ্টি নিৰ্ণয় কৰা হয় ;
- (৩) আলোৰ গতি নিৰ্ণয় কৰিষা aberration-এব সাহায্যে অনেক সময় কৌণিক দ্ৰাষ্টি নিৰ্ণয় কৰা হয়।

১৩৬. সূর্যে বস্তুর পরিমাণ

সূর্যে বস্তুর পবিমাণ নির্ণয় কবিত্তে হইলে অত্র জ্যোতিষ্কের উপব ইহাব আকর্ষণেব পরিমাণ নির্ণয় কবিত্তে হয়। মনে কবিলাম যে পৃথিবী T সমবে সূর্যকে আবর্ডন কবে এবং সূর্য হইতে পৃথিবীব দূরত্বেব গড=a। যদি f হাবা সূর্যেব গতিবেগেব বৃদ্ধিব (acceleration) গড বুঝাই, তাহা হইলে

$$= \frac{4\pi^2 a^2}{T^2}$$

এখন যদি $a = 1.4968 \times 10^{12}$ সে. মি

$T = 3.1558 \times 10^7$ সেকেন্ড

তাহা হইলে $f = 0.59331$ সে. মি./ (সেকেন্ড)²

আবার মাধ্যাকর্ষণেব আইন হইতে আমবা পাই

$S =$ সূর্যে বস্তব পবিমাণ, $E =$ পৃথিবীতে বস্তব পবিমাণ।

$$f = G \cdot \frac{S}{a^2} \quad g = G \cdot \frac{E}{p^2}, \quad p = \text{পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,}$$

$$\frac{S}{E} = \frac{f}{g} \times \frac{a^2}{p^2} = \frac{4\pi^2 a^2}{g T^2 p^2}$$

$S = 333,420 E$ প্রায়।

অথবা $S = 1.98 \times 10^{33}$ গ্রাম।

সূর্যের উপবিভাগে মাধ্যাকর্ষণের পরিমাণ : সূর্যেব উপবিভাগে মাধ্যাকর্ষণেব পবিমাণ পাইতে হইলে ইহাব বস্তব পরিমাণ এবং ব্যাসার্ধেব বর্গেব অনুপাত লইতে হইবে। অর্থাৎ

$$\text{মাধ্যাকর্ষণেব পবিমাণ} = \frac{333,420}{(1093)^2} = 27.91 \times \text{পৃথিবীব মাধ্যাকর্ষণ।}$$

অর্থাৎ, যে পদার্থেব ভূ-পৃষ্ঠে ওজন পাউণ্ডেব সমান, সূর্য-পৃষ্ঠে তাহাব ওজন 27.91 পাউণ্ডেব সমান হইবে।

১৩৭. সূর্যে শক্তির উৎস (Source of solar energy)

সূর্য প্রতি সেকেন্ডে 6.3×10^{10} আর্গ শক্তি বিকিরণ কবিত্তেছে, এই প্রচণ্ড শক্তি কোন স্বাভাবিক বাসাবনিক প্রক্রিয়ায় সৃষ্টি হইতে পাবে না।

অনেকে অনুমান কৰেন যে সূৰ্যে অবস্থিত বস্তুৰ অভ্যন্তৰে thermo-nuclear পৰিবৰ্তন ঘটে এবং ইহাৰ ফলে এই শক্তি সৃষ্টি হওযা সম্ভব হইতেছে।

অনুমান কৰা হইতেছে যে সূৰ্যে যথেষ্ট পৰিমাণে হাইড্ৰোজেন বা উদযান গ্যাসেৰ অস্তিত্ব আছে এবং সেই সঙ্গে কাৰ্বন এবং নাইট্ৰোজেন গ্যাসও বিস্তৃত আছে। ইহাৰ ফলে বহুকাল যাবৎ প্ৰয়োজনীয় thermo-nuclear পৰিবৰ্তন সৃষ্টি হওযা সম্ভব। সূৰ্যেৰ অভ্যন্তৰে অত্যধিক তাপমাত্ৰাৰ ফলে হাইড্ৰোজেনেৰ nucleus সৰ্বদা হিলিয়াম পৰমাণুৰ nucleus-এ পৰিবৰ্তিত হইতেছে।

চতুর্দশ অধ্যায়
অবজারভেটরী
(OBSERVATORY)

১৪.১. অবজারভেটরী

আকাশে জ্যোতিষ্কদের গতিবিধি লক্ষ্য কবিরাব জন্ত যে বৈজ্ঞানিক গৃহ নির্মাণ করা হয় তাহাকে Observatory বলে। জ্যোতির্বিজ্ঞা সহজে গবেষণা কবিরাব জন্ত আমাদের দেশে আজও পর্যন্ত কোন ব্যবস্থা করা হয় নাই। আশা কবি ভবিষ্যতে ইহাব ব্যবস্থা হইবে। জ্যোতির্বিজ্ঞাব গবেষণা গৃহেব জন্ত অপেক্ষাকৃত উচ্চ স্থান (প্রায় কয়েক হাজার ফুট) গ্রহণ করা উচিত যেন ঐ স্থান হইতে বৃহত্তম দিগন্ত-বেশ্য দেখা যায়। গবেষণাগার বা অবজারভেটরীতে চন্দ্র, সূর্য গ্রহ, নক্ষত্রের অবস্থান নিখুঁতভাবে দেখা এবং বাবতীয় গণনাকার্য সম্পন্ন করা হইবা থাকে।

১৪.২. সাইডেরিয়াল ঘড়ি (অথবা Astronomical clock)

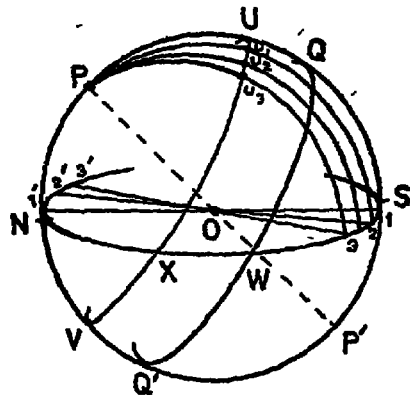
এই ঘড়িব সাহায্যে পৃথিবীর আন্থিক গতিব সময় গণনা করা হয়। ইহা দাবা আমবা নক্ষত্রের সাইডেরিয়াল সময় নির্মাণ কবি। এই সময় আমাদের ব্যবহারিক সময় (mean solar time) হইতে সম্পূর্ণরূপে পৃথক। যখন ডাবনাল ইকুইনক্স (γ) মেবিডিযান অতিক্রম কবে তখন এই ঘড়িতে ০ ঘ. ০ মি ০ সে দেখানো হয়।

১৪.৩. সূর্য-ডায়াল (Sun dial)

ভূ-পৃষ্ঠে যে-কোন স্থানের মাটিতে একট গোলাকার থানাব মত ডাবাল তৈর্যাব কবিযা তাহাতে সমান ভাগে ১ হইতে ২৪টি দাগ কাটা হইল। তাব-পব উহাব কেন্দ্রে একট কাটি (gnomon বা style) ঐ স্থানের ঞ্চবতাবাব দিক কবিযা আটকাইলে আমবা সূর্য ডাবাল পাই। কাটিট মাটিব সাথে যে কোণ উৎপন্ন কবে তাহা ঐ স্থানের

স্থানীয় অক্ষাংশেব-সমান। যে দিকে ঐ কাঠি ছায়া পড়িবে সেই দিকেব সাহায্যে আমবা সূর্যেব কোণিক কাল (hour angle) নির্ণয় কবিত্তে পাবি। ইহাই সঠিক সময় (apparent solar time)। কাঠি, ছায়া এবং সূর্য যে সমতলে অবস্থিত সেই সমতল গ্রননক্রেব অবস্থানেব ভিতর দিবা হাইবে এবং ইহা মহাবিশ্ববেব সহিত সমকোণ উৎপন্ন কবিবে। অতএব মহাগোলকেব উপব (celestial sphere) সমতল কতৃক উৎপন্ন মহারত্ন “কোণিক কালবৃত্ত” (hour circle) অথবা “নতি জ্ঞাপক বৃত্ত” (declination circle) হইবে এবং মেবিডিযানেব সহিত যে কোণ উৎপন্ন কবিবে তাহাই “কোণিক কাল” (hour angle)। মনে ককন O সূর্য ডাষালেব কেন্দ্রবিন্দু এবং OP কাঠি (style বা gnomon)-এব দিক্ নির্দেশ কবিত্তেছে।

মনে ককন মহাগোল-
কেব উপব $N P S P'$
স্থানীয় মেবিডিযান এবং
 $N U S$ মহাদিগন্ত বেধা।
সূর্য ডাষালেব থালা N
 WS সমতলে অবস্থিত।
১২টি সমদূরবর্তী মহারত্ন
অঙ্কন কবা হইল যেন
তাহাবা P বিন্দু দিবা যাব।
মহারত্নগুলি সূর্য ডাষালেব
পবিসীমাকে যে যে বিন্দুতে

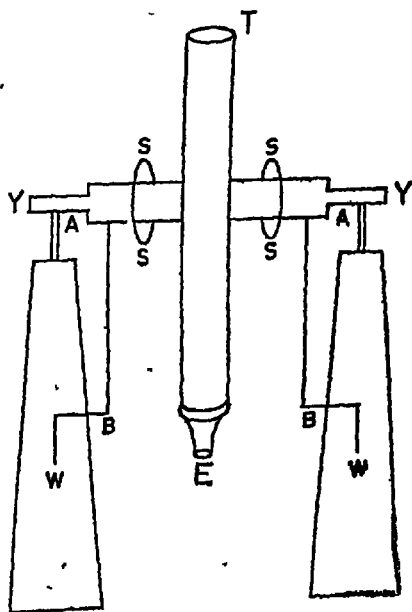


ছেদ কবে সে সমস্ত বিন্দুগুলি যথাক্রমে ১, ২, ৩, . . . , ১২, ১' ২' ৩' . . . ,
১২' বাবা নির্দিষ্ট কবা হইল। O বিন্দু সহিত পবিসীমান্দ এই সমস্ত
বিন্দু যোগ কবা হইল। এইরূপে সূর্য ডাষালের উপব আমরা ১
হইতে ২৪ গুণ্টা স্থিৎ কবিলাম। এখন মনে ককন যে $U X V$ সূর্যেব
দৈনিক পথ। মেবিডিযান অতিক্রম কবাব পব সূর্য যথাক্রমে U_1 ,
 U_2 , U_3 .. প্রভৃতি অবস্থানে আসে এবং OP -এব ছায়া সূর্য ডাষালের

সাথে সাথে অনুসরণ করিতে হইলে টেলিস্কোপকে সংলগ্ন চাকার উপর আস্তে আস্তে আবর্তন করাইতে হইবে (চিত্র দেখুন)।

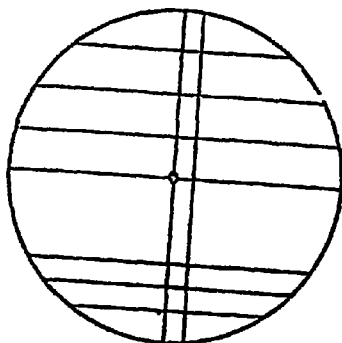
১৪৫ “মেরিডিয়ান অতিক্রম” লক্ষ্য করিবার টেলিস্কোপ (Transit instrument)

ইহাও একটি টেলিস্কোপ (TE)। ইহাকে একটি ভূ-পৃষ্ঠের সমান্তরাল একটি ভারী দণ্ডের সহিত লম্বভাবে আটকানো হয়। ভারী দণ্ডটিকে (YAA) YY দুইটি বিস্মাংকিতের সহিত সংলগ্ন করিয়া দেওয়া হয়। বিস্মাংক দুইটিকে শক্তভাবে পূর্ব-পশ্চিম বরাবর দুইটি ভারী স্তম্ভের



উপর বসানো হয়। ফলে টেলিস্কোপসহ AA দণ্ডটিকে YY বিস্মাংকিতের উপর সহজভাবে আবর্তন করানো যায়। AA দণ্ডের সহিত দুইটি দাগ কাটা স্বতন্ত্র চাকতি (disc) লাগানো হয়। ইহা দ্বারা টেলিস্কোপের আবর্তনের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। টেলিস্কোপের নলের ভিতর

এবং দৃষ্টি ক্ষেত্র (field of view) একটি গোলাকায় তাবের গ্রেটিং (reticle) লাগানো হয়। ইহাতে ৩ বা ৭ বা ১১ টা লাইন উত্তর দক্ষিণ বরাবর টানা হয় এবং আড়াআড়িভাবে দুইটি তাবের গ্রেটিং দেওয়া হয়। একটি তাব বা দৃষ্টপথে দুইটি সমান অংশে ভাগ করা হয় এবং অপবক্ষিত একটি দৃষ্টি সাহায্যে সন্নিহিত করা যায়। ভাবী



দেখা সহিত লাগানো যন্ত্রাকার চাক্ষুণ্ডিত ভিত্তি মিনিটের দাগ কাটা থাকে। TE টেলিস্কোপকে আমবা মেবিডিয়ানের সমতল ঘুরাইবা কোন জ্যোতির্কে টেলিস্কোপের দৃষ্টি দিয়া আমাদেব দৃষ্টপথে আনিতে পাবি। যখন জ্যোতিক প্রত্যেকটি বাড়া (vertical) তাব অভিক্রম করে তখন সাইডেবিগাল সমা গণনা কবি। এইক্ষেপে জ্যোতির্কেব মেবিডিয়ান অভিক্রমের সাইডেবিগাল সম্মেলন গড় মান নির্ণয় করা যায়।

১৪.৬ জ্যোতিকের নতি (declination) নির্ণয়

আমবা জানি যে কোন জ্যোতির্কেব মেবিডিয়ান অভিক্রম কবিবার সমল জেনিথ দূরত্ব $Z = \delta - \varphi$ অথবা $\varphi - \delta$.

অর্থাৎ $\delta = \varphi + Z$ or $\varphi - Z$ (উত্তর কিংবা দক্ষিণ আকাশে) অতএব আমবা যদি Z নির্ণয় কবিতে পাবি তাহা হইলে স্থানীয় অক্ষাংশের সাহায্যে δ পাইতে পাবি। Transit টেলিস্কোপের সাহায্যে আমবা সহজেই Z পাইতে পাবি।

১৪.৭. সাইডেরিয়াল সময় t অথবা নক্ষত্রের “রাইট আসেনশন” (R A) নির্ণয়

কোন নক্ষত্রের R.A. নিম্নবর্ণিত পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায়।
যখন নক্ষত্রটি মেরিডিয়ান অতিক্রম করিতেছে তখন ইহার কৌণিক
কাল (hour angle) ০ ঘ ০ মি. ০ স্. এবং ইহার R.A. =
সাইডেরিয়াল সময় t . অবজারভেটরীতে যুক্তি যতিব সময় হইতে
সাইডেরিয়াল সময় পাওয়া যাইবে। আবার যদি আমবা Nautical
Almanac হইতে পূর্বেই নক্ষত্রটির R.A. জানিয়া থাকি তাহা হইলে
যতিব সময় আমবা ঐ মুহুর্তে ঠিক করিয়া লইতে পারি।

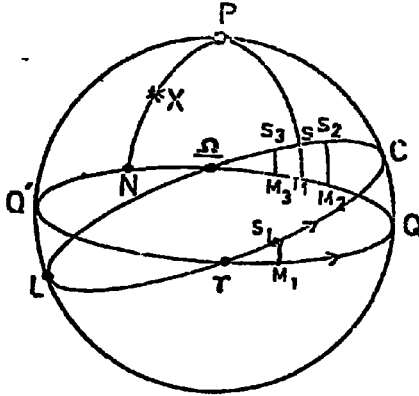
১৪.৮. মহাবিশুব (Vernal Equinox γ)-এর অবস্থান নির্ণয়

কোন নক্ষত্রের R.A. এবং মহা দ্রাঘিমা জানিতে হইলে ‘ γ ’-এর
অবস্থান জানা দরকার হয়। অতএব ‘ γ ’-এর অবস্থান নির্ণয় জ্যোতি-
বিজ্ঞান একটি প্রয়োজনীয় সমস্যা বলিয়া গণ্য করা হয়। নিম্নে বর্ণিত
দুই প্রকারে আমবা ইহার অবস্থান নির্ণয় করিতে পারিঃ

(১) γ আকাশে সেই বিন্দু যেখানে সূর্য দক্ষিণ হইতে উত্তর
দিকে চলিবার পথে মহাবিশুবকে অতিক্রম করে। ‘Summer solstice’
(জুন ২১ তারিখ) আসিবার কয়েকদিন পূর্বে এবং কয়েকদিন পর
পর্যন্ত আমবা সূর্যের “নতি” (declination) মাপিয়া ‘এক্লিপটিক’
(Ecliptic) বা কক্ষপথের “কৌণিক ব্যবধান” (obliquity with Equ-
ator) নিখুঁতভাবে নির্ণয় করিতে পারি। ইহা হইতে যে-কোন
দিনে সূর্যের “নতি” এবং নতি হইতে R.A. নির্ণয় করিতে পারি।
সূর্যের R.A. হইতে γ এর অবস্থান নির্ণয় করা যায়।

(২) Flamsteed-এর পদ্ধতিঃ মনে করুন মহাবিশুব (ভাবনাল
ইকুইনক্স) অতিক্রম করিবার অল্পকাল পর এবং জনবিশুব (অটোমনাল
ইকুইনক্স)-এ আসিবার অল্পকাল পূর্বে সূর্যের অবস্থান যথাক্রমে S_1
এবং S_2 S_1 S এমনভাবে লওয়া হইল যেন উভয়স্থানে সূর্যের “নতি”
 $S_1M_1=SM$.

মনে ককন X নক্ষত্রটিব R.A. নির্ণয় কবিত্তে হইবে। এখন $\gamma S_1 M_1$
এবং $\Omega M S$ ত্রিভুজ দুইটি সর্বসম এবং
 $\gamma M_1 = \Omega M$.



মার্চ মাসেব ২১ তারিখেব পন যখন সূর্য S_1 স্থানে আসে তখন
মেবিডিয়ান অভিক্রম কালেন জেনিথ দূরত্ব Z_1 নির্ণয় কবা যায়। মনে
ককন সূর্য এবং X -এব মেবিডিয়ান অভিক্রমেব সাইডেবিয়াল সময়েব
প্রভেদকে α_1 দ্বাৰা নির্দেশ কবা হইল। তাহা হইলে

$$\alpha_1 = X \text{ এবং সূর্যেব } R A \text{-এব প্রভেদ} \\ = M_1 N$$

মনে ককন স্থানীয় অক্ষাংশ $= \varphi$ এবং ঐ দিন দ্বিপ্রহবে সূর্যেব নতি
 $= \delta_1$. তাহা হইলে

$$Z_1 = \varphi - \delta_1 \text{ (সূর্য জেনিথেব দক্ষিণে মেবিডিয়ান অভিক্রম} \\ \text{কবিলে)}$$

আবার মনে ককন যে ২৩ সেপ্টেম্বরেব অল্পকাল পূর্বে কোন এক দিনে
সূর্যেব নতি $= \delta_1$ এখন S অবস্থানে দ্বিপ্রহবে সূর্যেব নতি δ_1 নাও হইতে
পাবে। এইজন্ত অ্যামবা পব পব দুইদিন সূর্যকে S_2 এবং S_3 অবস্থানে
লই যেন এই দুই স্থানে দ্বিপ্রহবে সূর্যেব নতি যথাক্রমে δ_2 এবং δ_3 হয়।
মনে ককন $\delta_2 > \delta_1 > \delta_3$ । মনে ককন $\alpha_2 = M_2 N$, $\alpha_3 = M_3 N$.

$$\text{এখন, } \frac{M_2 M_3}{M_2 M_3} = \frac{S_2 M_2 - S M}{S_2 M_2 - S_3 M_3} = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3}$$

$$\text{অথবা, } M_2 M_3 = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3} M_2 M_3 = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3} (\alpha_2 - \alpha_1)$$

$$\text{কিন্তু, } \delta_2 = \varphi - Z_2, \delta_3 = \varphi - Z_3$$

(Z_2, Z_3 যথাক্রমে S_2 এবং S_3 অবস্থানে জেনিথ দূরত্ব)

$$MN = M_2 N - M_2 M$$

$$= \alpha_2 - \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3} (\alpha_2 - \alpha_3)$$

$$\text{এখন } \gamma M_1 = \Omega M$$

$$\text{অথবা } \gamma N - M_1 N = MN - \Omega N$$

$$MN + M_1 N = \gamma N + \Omega N = 2\gamma N - 12^\circ \text{ ঘ}$$

$$\text{অথবা } \gamma N = 6^\circ \text{ ঘ} + \frac{1}{2} (MN + M_1 N)$$

$$\text{অথবা } \sigma = 6^\circ \text{ ঘ} + \frac{1}{2} [\alpha_1 + \alpha_2 - \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2 - \delta_3} (\alpha_2 - \alpha_3)] \text{ ঘ}$$

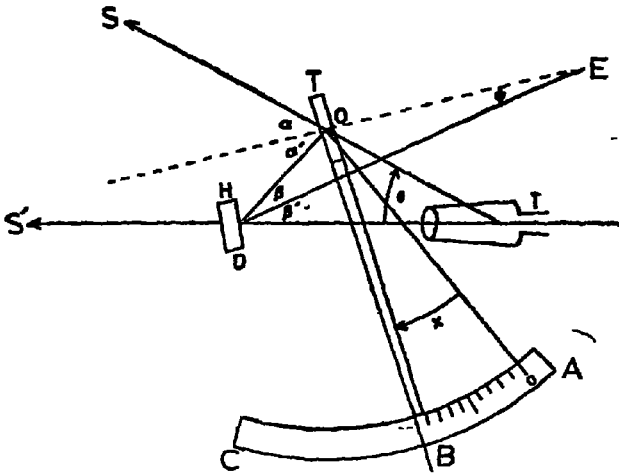
এখন α পাওয়া গেলে γ -এর অবস্থান নির্ণয় করা যায়। আমরা উপবোক্ত সমীকরণে $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ -এর পরিবর্তে যথাক্রমে $\varphi - Z_1, \varphi - Z_2, \varphi - Z_3$ স্থাপন করিয়া লিখিতে পারি

$$\alpha = 6^\circ \text{ ঘ} + \frac{1}{2} [\alpha_1 + \alpha_2 - \frac{Z_1 - Z_2}{Z_3 - Z_2} (\alpha_2 - \alpha_3)] \text{ ঘ}$$

১৪.৯. সেকস্টিয়ান্ট (Sextant)

এই যন্ত্রটি সঙ্গে বহন করা যায় এবং ইহাৰ সাহায্যে নক্ষত্রের পৰ্য্যবেক্ষণে মধ্যে কৌণিক ব্যবধান সহজেই নির্ণয় করা যায়। ইহা একটি ধাতব পদার্থের তৈরী ক্রম। ইহাৰ সহিত একটি দাগ কাটা স্বতন্ত্র জুড়িয়া দেওয়া হইয়াছে। স্বতন্ত্রটি ABC দ্বারা নির্দেশ করা হইয়াছে। O বিন্দুতে লৌহ কাঁটা OB যুক্ত করা হইয়াছে। ইহা ABC স্বতন্ত্রের উপর দিয়া ইতস্ততঃ সরিয়া যাইতে পারে। O বিন্দুতে OB এর সহিত একটি আয়না I লাগানো আছে। আয়নাটিকে ABC এর সহিত লম্বভাবে রাখা হয়। আর একটি আয়না H যন্ত্রটির সহিত

যুক্ত করা হয়। ইহাও ABC-এব সহিত লম্বভাবে থাকে। ইহা সাধারণতঃ 60° কোণিক ব্যাধানে এবং একটি টেলিস্কোপের সহিত



সমবেতায় অবস্থান করে। যখন OB কাঁটাটি O-তে থাকে তখন I এবং H সমান্তরাল থাকে। H কাচটির উপরের অর্ধেক পবিকাব এবং নীচের অর্ধেক আশনা।

একটি নক্ষত্রের উচ্চতা মাপিতে হইলে নিম্নে বর্ণিত পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হয়।

মনে করুন S একটি নক্ষত্রের অবস্থান। যন্ত্রটিকে খাড়াভাবে ধরুন এবং S-এব মধ্যদিয়া যে খাড়া সমতল করুন। বাম সেই সমতলে যন্ত্রটিকে আনয়ন করুন। এখন টেলিস্কোপটিকে ভূ-পৃষ্ঠের সমান্তরাল রাখিয়া আস্তে OB কাঁটাটি ঘুরাইতে থাকুন। অবশেষে এমন অবস্থায় আসিবে যখন নক্ষত্রের প্রতিবিম্ব টেলিস্কোপে দেখা যাইবে। এখন IOB-কে শূন্য করিয়া ঐ অবস্থায় আটকাইয়া দিন। এখন S-এব “উন্নতি” (altitude) = $\angle STS'$ সহজেই পাওয়া যায়।

মনে ককন OE এবং DE যথাক্রমে I এবং H-এর উপর লম্ব।

$$\text{অতএব } \alpha = \alpha' \quad \text{এবং } \beta = \beta'.$$

OED এবং ODT ত্রিভুজ হইতে

$$\alpha' = \beta + \phi \quad \text{এবং } 2\alpha' = 2\beta + \theta$$

$$\therefore 2\beta + \theta = 2\beta + 2\phi \quad \therefore \theta = 2\phi.$$

অতএব নক্ষত্রটির I এবং H-এর লম্বরেখাযুগলের কোণিক ব্যবধানের
বিভাগ। এছাড়া $\phi = x$.

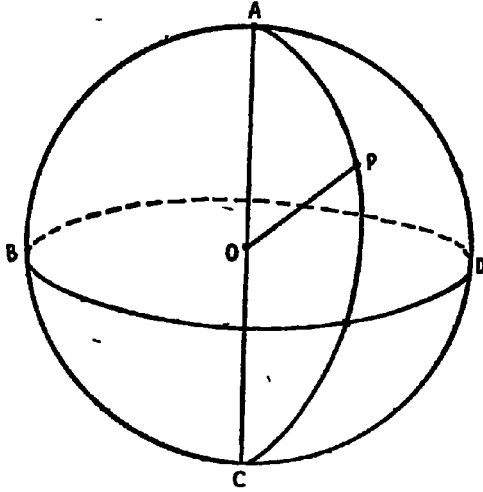
$$\therefore \theta = 2x.$$

পঞ্চদশ অধ্যায়

১৫.০. গোলকের জ্যামিতি (Geometry of a Sphere) -

১৫.০.১ নিদিষ্ট একটি বিন্দুকে কেন্দ্র কবিয়া যে-কোন নিদিষ্ট ব্যাসার্ধ লইয়া এমন একটি বক্রতল অঙ্কন করা হইল যেন বক্রতলের উপবিন্দু প্রত্যেক বিন্দু হইতে কেন্দ্রের দূরত্ব ব্যাসার্ধের সমান। এই বক্রতলকে (surface) গোলক (sphere) বলে।

এখানে ABCD একটি গোলক, OP উহাৰ ব্যাসার্ধ AOC উহাৰ ব্যাস।

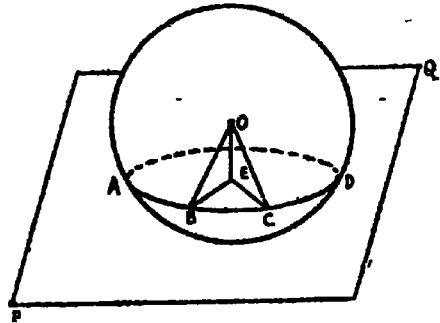


১৫.০.২ একটি সমতল একটি গোলককে একটি বৃত্তে ছেদ করিবে মনে করুন PQ একটি সমতল গোলককে ABCD বক্রবেখায (Curve) ছেদ কবিয়াছে।

আমাদিগকে প্রমাণ কবিতো হইবে যে, ABCD একটি বৃত্ত। মনে করুন OE, PQ সমতলের উপব লম্ব।

OB, OC, EB, EC
বোগ করুন।

$\triangle OEB$ এবং $\triangle OEC$
হইতে আমবা পাই



সমকোণ $\angle OEB = \angle OEC'$

OE সাধারণ বাহু।

OB = OC (গোলকের ব্যাসার্ধ)

$\triangle OEB \cong \triangle OEC$

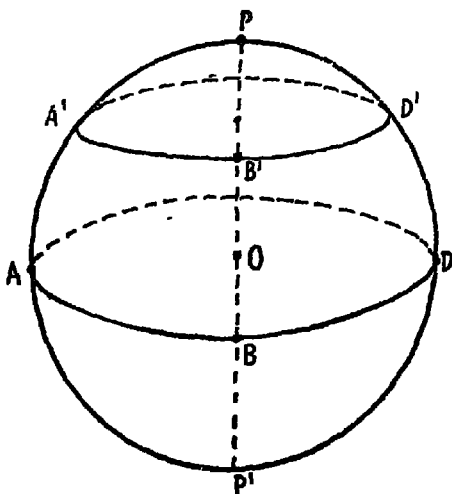
EB = EC

B, C-যে কোন দুইটি বিন্দু বলিয়া ABCD একটি বৃত্ত হইবে।

১৫০৩ মহাবৃত্ত, ছোট বৃত্ত, অক্ষরেখা এবং পোল (great circle, small circle, axis and poles,)

গোলকের কেন্দ্র দিয়া অঙ্কিত যে কোন সমতল গোলকের উপর যে বৃত্তে ছেদ করিবে তাহাকে মহাবৃত্ত (great circle বলে। চিত্রে ABD একটি মহাবৃত্ত।

মহাবৃত্তের কেন্দ্র ও গোলকের কেন্দ্র একই বিন্দু। অত্যাগত যে কোন সমতল গোলকের যে বৃত্তে ছেদ কবে তাহাকে ছোট বৃত্ত (small circle) বলে। $A^1 B^1 D^1$ একটি ছোট বৃত্ত।



গোলকের উপর যে কোন বৃত্তের কেন্দ্র দিয়া

তলের সহিত লম্ব করিয়া যে রেখা টানা যায় তাহাকে অক্ষরেখা (axis) বলে (OP)। P'P বিন্দুকে ABD মহাবৃত্তের পোল (pole) বলে।

নিম্নলিখিত নিয়মত্রি আশ্রয় সহজেই কবিত্তে পাবি :

(ক) একটি বৃত্তের অক্ষরেখা কেন্দ্র দিয়া বাইবে।

(খ) একই গোলকের উপর অঙ্কিত সকল মহাবৃত্তের ব্যাস সর্বদাই সমান।

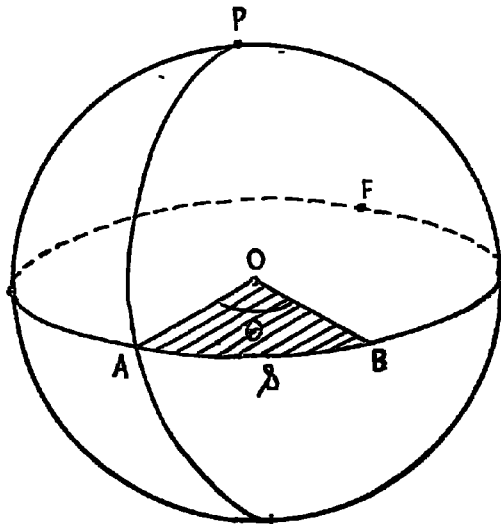
(গ) যে কোন দুইটি মহাবৃত্ত পরস্পরকে বিখণ্ডিত করিবে।

(ঘ) প্রত্যেক মহাবৃত্ত গোলককে বিখণ্ডিত করিবে।

- (ঙ) গোলকের উপবিশ্ব যে কোন তিনটি বিন্দুর মধ্য দিয়া একটি মাত্র বৃত্ত অঙ্কন করা যায়।
- (চ) যদি একই ব্যাসের উপর অবস্থিত নয় এমন দুইটি বিন্দু গোলকের উপর লওয়া হয় তাহা হইলে এই দুইটি বিন্দুর মধ্য দিয়া কেবলমাত্র একটি মহাবৃত্ত অঙ্কন করা যায়।
- (ছ) একটি ব্যাসের প্রান্তবিন্দুদ্বয়ের মধ্য দিয়া অসংখ্য মহাবৃত্ত অঙ্কন করা যায়।
- (জ) গোলক সর্বতোভাবে প্রতিসাম্য। কারণ ইহা কেন্দ্র, ব্যাস এবং কেন্দ্র দিয়া অঙ্কিত যে কোন সমতল বরাবর প্রতিসাম্য।

১৫০৪ : গোলকের উপবিশ্ব যে-কোন দুইটি বিন্দুকে যতগুলি বক্ররেখা দ্বারা যোগ করা যায় তন্মধ্যে বিন্দুদ্বয়গামী মহাবৃত্তের ক্ষুদ্রাংশের দৈর্ঘ্য সর্বাপেক্ষা কম।

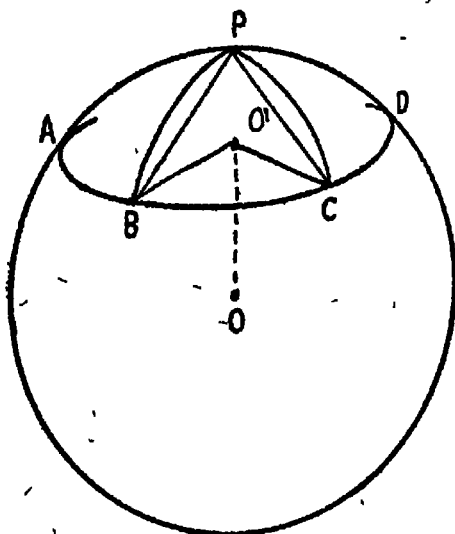
মনে করুন গোলকের উপর A, B যে কোন দুইটি বিন্দু এবং O



গোলকটির কেন্দ্র। মহাবৃত্তাংশ AB , AFB অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর।

যদি $s=AB$ তাহা হইলে $s=r\theta$

১৫.০.৫. গোলকের উপর একটি বৃত্ত লওয়া হইলে এই বৃত্তের যে কোন পোল হইতে বৃত্তের পরিসীমার উপর যে-কোন বিন্দুর কৌণিক দূরত্বকে গোলাকার বাসাধ (spherical) বলে।



মনে করুন ABCD একটি ছোট বৃত্ত এবং O' উহাৰ কেন্দ্র। PB, PC, যথাক্রমে B এবং C বিন্দু হইতে P-এর গোলাকার দূরত্ব (spherical distance)। O'B, O'C যোগ করুন। PO'B, PO'C ত্রিভুজ দুইটিতে

PO সাধারণ বাহু

$$O'B = O'C$$

$$\angle PO'B = \angle PO'C = \frac{\pi}{2}$$

$$\therefore PB = PC$$

অতএব $\widehat{PB} = \widehat{PC}$ = গোলাকার দূরত্ব।

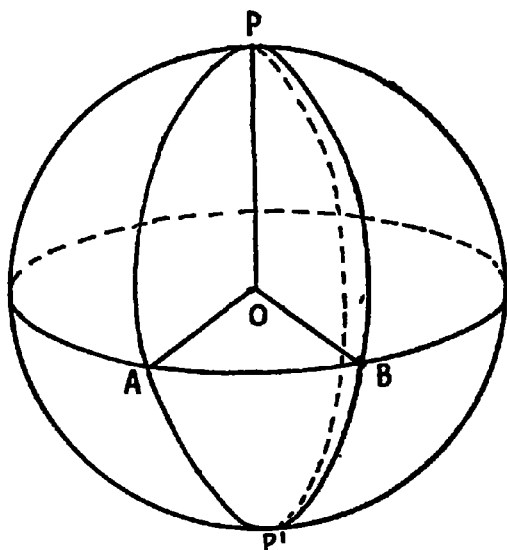
১৫.০.৬. আরোহী বৃত্ত (Secondary)

একটি মহাবৃত্তের পোল দুইটির মধ্য দিয়া যে সমস্ত মহাবৃত্ত অঙ্কন করা যায় তাহাদিগকে "আরোহী বৃত্ত" (Secondaries) বলে। চিত্রে

PAP' , PBP' প্রভৃতি AB মহাবৃত্তের আবোহী বৃত্ত। $\angle AOB$ -কে PAP' , PBP' আবোহী বৃত্ত মধ্যস্থ কোণ (spherical angle) বলে।

১৫০৭. দুইটি মহাবৃত্ত পরস্পরকে ছেদ কবিলে উহাদের মধ্যে যে কোণ উৎপন্ন হয় তাহার পরিমাণ

(১) ছেদ বিন্দুতে বৃত্ত দুইটির উপর অঙ্কিত স্পর্শকের মধ্যস্থিত কোণ অথবা



(২) যে মহাবৃত্তের উপর বৃত্ত দুইটি আবোহী হইবে তাহার উপর বর্ণিত বৃত্তাংশ অথবা

(৩) বৃত্ত দুইটির পোলমধ্যস্থ কোণ দ্বারা নির্দিষ্ট হয়।

প্রমাণ

(১) মনে করুন PAP' , PBP' দুইটি মহাবৃত্ত, O উহাদের কেন্দ্র এবং উহারা P, P' বিন্দুতে ছেদ কবিয়াছে। মনে করুন উভয় মহাবৃত্তই ABC মহাবৃত্তের আবোহী (Secondary)। OA, OB যুক্ত করুন। মনে করুন PL, PM মহাবৃত্তের উপরে স্পর্শক। যেহেতু PL এবং PM যথাক্রমে OA এবং OB -এর সমান্তরাল,

(৩) মনে ককন P, Z বিন্দু দুইট যথাক্রমে QWQ^1 এবং NWS মহাবৃত্তবিশেষ পোল। মনে ককন O গোলকের কেন্দ্র। OP, OZ, OQ, OS যোগ ককন।

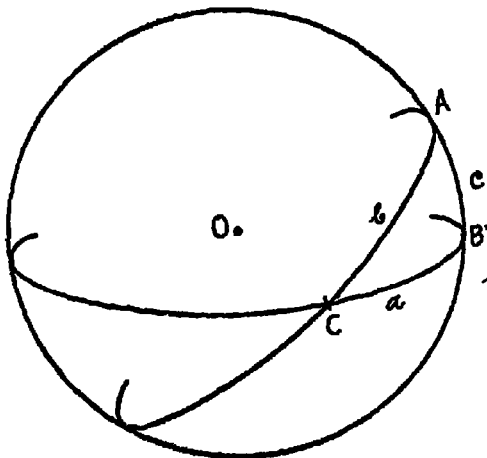
নির্ণয় কোণ $= \angle QOS$ ।

কিন্তু $\angle POQ = \frac{\pi}{2}, \angle ZOS = \frac{\pi}{2}$ ।

অতএব $\angle POZ = \angle QOS = \angle SWQ$ (গোলকীয় কোণ)।

১৫০০ ৮. গোলকীয় ত্রিভুজ (spherical triangle)

গোলকের উপরে যে কোন তিনটি মহাবৃত্ত লইলে তাহাদের পরস্পর ছেদবিন্দুগুলি লইয়া আমবা যে বেখাচিত্র পাই তাহাকে “গোলকীয়



ত্রিভুজ’ (spherical triangle) বলে। চিত্রে ABC একটি গোলকীয়

ত্রিভুজ এবং $\widehat{AB}, \widehat{BC}, \widehat{CA}$ তিনটি মহাবৃত্তের অংশ। একটি গোলকীয় ত্রিভুজের তিনটি কোণ এবং তিনটি বাহু আছে।

গোলকীয় ত্রিভুজের প্রধান কয়েকটি ধর্ম:

(১) যে কোন দুইটি বাহুর যোগফল তৃতীয় বাহু অপেক্ষা বৃহত্তর;

- (২) ত্রিভুজের তিনটি কোণের যোগফল π রেডিয়ান হইতে বেশী এবং 3π রেডিয়ান হইতে কম,
 (৩) ত্রিভুজের বাহু এবং কোণের প্রত্যেককে “কোণের এককে” প্রকাশ করা হয় এবং
 (৪) গোলকের ব্যাসার্ধকে 1 একক ধরা হয়।

১৫.০.৯. কয়েকটি সূত্র

আমরা নিম্নে প্রমাণ ছাড়া কয়েকটি সূত্র উদ্ধৃত করিয়া দিলাম।

(১) cosine সূত্র : (চিত্র দেখুন)

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos b = \cos c \cos a + \sin c \sin a \cos B$$

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

(২) sine সূত্র : (চিত্র দেখুন)

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

(৩) “চার রাশি” সূত্র

$$-\cos a \cos B = \sin a \cot c - \sin B \cot C$$

অর্থাৎ \cos (অন্তঃ বাহু) $\times \cos$ (অন্তঃ কোণ) = \sin (অন্তঃ বাহু) $\times \cot$ (অপব বাহু) - \sin (অন্তঃ কোণ) \cot (অপব কোণ)।

(৪) cosine সূত্রের অনুরূপ সূত্র

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$

$$\sin a \cos C = \cos c \sin b - \sin c \cos b \cos A$$

$$\sin b \cos C = \cos c \sin a - \sin c \cos a \cos B$$

$$\sin b \cos A = \cos a \sin c - \sin a \cos c \cos B$$

$$\sin c \cos A = \cos a \sin b - \sin a \cos b \cos C$$

$$\sin c \cos B = \cos b \sin a - \sin b \cos a \cos C$$

(৫) tangent সূত্র

যদি $2s = a + b + c$, তাহা হইলে

$$\left. \begin{aligned} \tan \frac{A}{2} &= \frac{k}{\sin(s-a)} \\ \tan \frac{B}{2} &= \frac{k}{\sin(s-b)} \\ \tan \frac{C}{2} &= \frac{k}{\sin(s-c)} \end{aligned} \right\} k = \sqrt{\frac{\sin(s-a)\sin(s-b)\sin(s-c)}{\sin s}} = \tan r.$$

(৬) cotangent সূত্র

যদি $2S = A + B + C$, তাহা হইলে

$$\left. \begin{aligned} \cot \frac{a}{2} &= \frac{k^1}{\cos(S-A)} \\ \cot \frac{b}{2} &= \frac{k^1}{\cos(S-B)} \\ \cot \frac{c}{2} &= \frac{k^1}{\cos(S-C)} \end{aligned} \right\} k^1 = \sqrt{\frac{\cos(S-A)\cos(S-B)\cos(S-C)}{-\cos S}} = \frac{1}{\tan R}$$

(৭) Napier-এব অনুরূপ সূত্র

$$\tan \frac{1}{2}(a-b) = \frac{\sin \frac{1}{2}(A-B)}{\sin \frac{1}{2}(A+B)} \tan \frac{1}{2}c$$

$$\tan \frac{1}{2}(a+b) = \frac{\cos \frac{1}{2}(A-B)}{\cos \frac{1}{2}(A+B)} \tan \frac{1}{2}c,$$

$$\tan \frac{1}{2}(A-B) = \frac{\sin \frac{1}{2}(a-b)}{\sin \frac{1}{2}(a+b)} \cot \frac{1}{2}c.$$

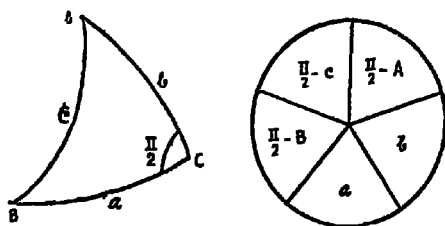
$$\text{এবং } \tan \frac{1}{2}(A+B) = \frac{\cos \frac{1}{2}(a-b)}{\cos \frac{1}{2}(a+b)} \cot \frac{1}{2}c$$

(৮) সমকোণী গোলকীয় ত্রিভুজের সমাধান (Solution of right spherical triangle)

\sin (মধ্যাংশ) = পার্শ্বভী অংশের tangent-এব গুণফল।

\sin (মধ্যাংশ) = বিপরীত অংশের Cosine-এব গুণফল।

অর্থ : সমকোণী গোলকীয় ত্রিভুজ ABC-তে মনে করুন যে, $C = \frac{\pi}{2}$ । তাহা হইলে বৃত্তাংশগুলি যথাক্রমে : $a, b, \frac{\pi}{2} - A, \frac{\pi}{2} - C$



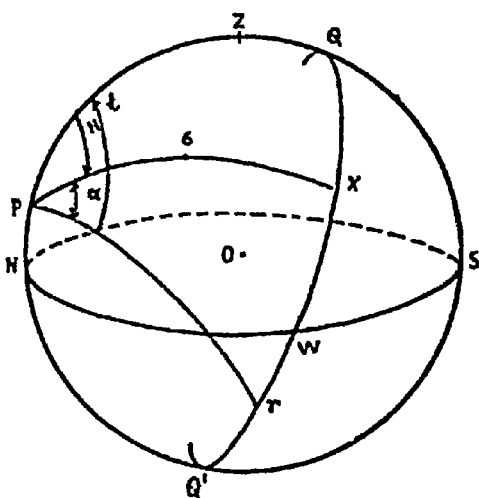
$\frac{\pi}{2} - B$ (Cকে বাদ দিয়া)। এখন এই পাঁচটি বাশিব যে কোনটিকে মধ্যাংশ ধরিয়া উহাব উভয় পার্শ্বের অংশকে মধ্যবর্তী অংশ এবং অপব দুই অংশকে বিপরীতাংশ বলা হয়। এইভাবে উপবোক্ত Napier এর নিয়মানুসারে আমরা মোট 10টি সূত্র লিখিতে পারি।

১৫.১ জ্যোতিষের অবস্থান নির্ণয়মূলক কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫.১.১. মহাবিশ্বের কৌণিক কাল (Hour angle) t , জ্যোতিষের রাইট অ্যাসেনশন এবং উহাব কৌণিক কালের মধ্যে সম্বন্ধ

মনে কবি পর্যবেক্ষণকারীর অবস্থান O বিন্দুকে কেন্দ্র কবিয়া ঐ স্থানের মহাগোলক অঙ্কন করা হইল। মহাশব্দসমূহ N W S, Q W Q' এবং N P Z S যথাক্রমে ঐ স্থানের দিগন্ত বেধা, বিষুববেধা এবং মেরিডিয়ান বেধা নির্দেশ কবিতোছে। মনে করুন σ একটি জ্যোতিষের অবস্থান নির্দেশ কবিতোছে। P বিন্দু ঐ বিন্দুর স্থান এবং γ বিন্দু মহাবিশ্বের স্থান নির্দেশ কবিতোছে। PoX এবং Py উভয়েই বিষুব বৃত্তের উপর অঙ্কিত লম্ব বৃত্তাংশ।

চিহ্ন হইতে সহজেই বুঝা যায় যে মহানিদুবের কোণিক বাজ $\angle ZP\gamma$ এবং σ -এর কোণিক বাজ $\angle ZP\sigma$ এবং σ -এর রাইট অ্যাসেনশন $\angle \sigma P\gamma$



$$\sigma = \angle ZP\gamma - \angle ZP\sigma = \angle \sigma P\gamma$$

$$\text{অর্থাৎ, } t = H + \sigma$$

$$\text{অথবা, } H = t - \sigma$$

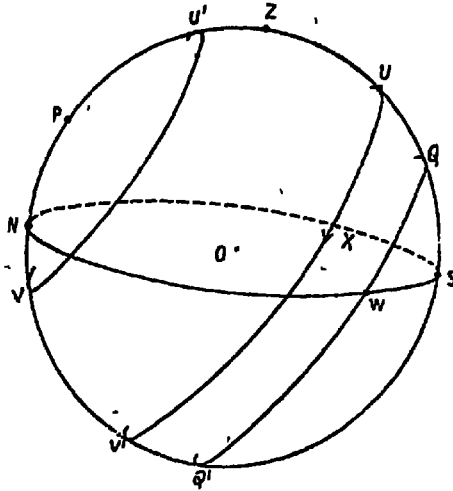
$$\text{অথবা, } \alpha = t - H$$

মন্তব্য : একটি জ্যোতিষ যদি কোন মুহূর্তে এক স্থানের মেরিডিয়ানের উপর অবস্থান করে, তাহা হইলে $H = 0$ হইবে এবং উহার রাইট অ্যাসেনশন উহার সাইডেরিয়াল সময় t এর সমান হইবে।

১৫ ১২ নতি δ (declination), অক্ষাংশ ϕ (latitude) এবং জেনিথ দূরত্ব Z -এর মধ্যে সম্বন্ধ

মনে করুন $NPZS$ একদল পর্যবেক্ষকের স্থানীয় মেরিডিয়ান বৃত্ত এবং ϕ ঐ স্থানের অক্ষাংশ। মনে করুন U জ্যোতিষ কোন মুহূর্তে

মেরিডিয়ান বৃত্ত অতিক্রম করিতেছে। QWQ^1 যদি বিষুব বৃত্ত হয় তাহা হইলে $QZ = \phi$, $UZ = Z$ এবং $QU = \delta$



অতএব, $QZ = QU + UZ$

অথবা, $\phi = \delta + Z$

অথবা, $Z = \phi - \delta$

অথবা, $\delta = \phi - Z$

তেমনি U' যদি জ্যোতিষের মেরিডিয়ানে অবস্থান হয় তাহা হইলে

$QU' = \delta$, $ZU' = Z$, $QZ = \phi$

হইতে আমরা পাই

$$QU' = ZU' + QZ$$

অথবা, $\delta = Z + \phi$

অথবা, $Z = \delta - \phi$

অথবা, $\phi = \delta - Z$

মন্তব্যঃ একটি জ্যোতিষ জেনিথের উত্তরে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিলে $\delta > \phi$ এবং দক্ষিণে অতিক্রম করিলে $\delta < \phi$ হইবে।

উদাহরণ-১। কোন স্থানের আকাশে ঐ নক্ষত্রের জেনিথ হইতে দূরত্ব 60° হইলে ঐ স্থানের অক্ষাংশ কত?

মনে করুন ঐ স্থানের অক্ষাংশ = ϕ

সেনিথ দূরত্ব = $90^\circ - \phi$.

অতএব $90 - \phi = 60^\circ$

$\phi = 30^\circ$

উদাহরণ ২। একটি স্থানে একটি নক্ষত্রের রাইট্ অ্যাসেনশন 22 ঘণ্টা 54 মিনিট। ঐ স্থানের স্থানীয় কৌণিক কাল 10 ঘণ্টা 40 মিনিট হইলে উহা সাইডেবিয়াল সময় কত নির্ণয় করুন।

এখানে $t = \alpha + H$

স্বা সময় -22 ঘ. 54 মি. + 10 ঘ. 40 মি.

$= 33$ ঘ. 34 মি.

$= 9$ ঘ. 31 মি. (24 ঘণ্টা দাদ দিয়া)

উদাহরণ ৩। একটি সাইডেবিয়াল সময় = 8 ঘ. 12 মি. এবং স্থানীয় কৌণিক কাল 15 ঘ. 46 মি হইলে একটি নক্ষত্রের রাইট্ অ্যাসেনশন কত হইবে তাহা নির্ণয় করুন।

এখানে $t = \alpha + H$

$\alpha = t - H = 8$ ঘ. 12 মি. $- 15$ ঘ. 46 মি. + 24 ঘ.

$= 16$ ঘ. 26 মি

উদাহরণ ৪। $22^\circ 35'$ উত্তর অক্ষাংশে একজন পর্যবেক্ষক একটি জ্যোতিষকে সেনিথে দেখিতে পাইলেন। ঐ জ্যোতিষের বিষুব স্তরের উপর 'নতি' (declination) কত?

মনে করুন জ্যোতিষটির নতি = δ .

এখানে $\phi = 22^\circ 35'$ এবং $Z = 0^\circ$

অতএব $\phi = \delta + Z$ সত্য হইতে আগবা পাই,

$\delta = \phi - Z = 22^\circ 35'$

উদাহরণ ৫। ভেগা নক্ষত্রের নতি $38^\circ 44'$ যে স্থানের অক্ষাংশ $23^\circ 28'$ উত্তর সেই স্থানে ঐ নক্ষত্রের মেসিডিয়ান অভিক্ষেপ কবিবান সময় মেসিডিয়ান উচ্চতা কত?

যদি মেবিজিবান উচ্চতা $= a$ হয় তাহা হইলে উহার জেনিথ দূরত্ব

$$Z = 90^\circ - \delta \text{ হইবে এবং যেহেতু } \delta > \phi,$$

$$\therefore Z = \delta - \phi = 38^\circ 44' - 23^\circ 28' \\ = 15^\circ 16'$$

$$\therefore a = 90^\circ - 15^\circ 16' \\ = 74^\circ 44'$$

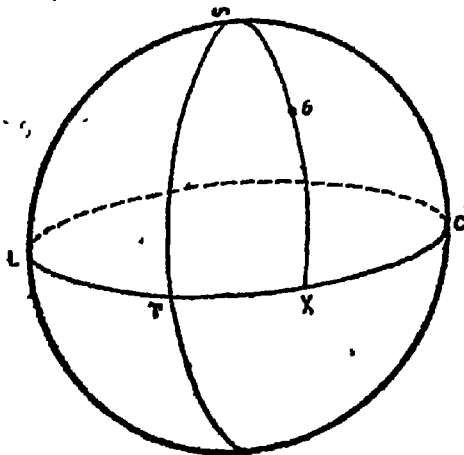
উদাহরণ ৬। Sirius নক্ষত্রের নতি $-16^\circ 38'$ এবং ইহার জেনিথ হইতে দূরত্ব $39^\circ 13'$ ঐ স্থানের অক্ষাংশ কত?

এখানে $\phi = Z + \delta$ হইতে আমরা পাই

$$\phi = 39^\circ 13' - 16^\circ 38' \\ = 22^\circ 35' \text{ উত্তর।}$$

১৫২. মহাজাগিমা এবং মহাক্ষাংশ (Celestial longitude, celestial latitude) সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

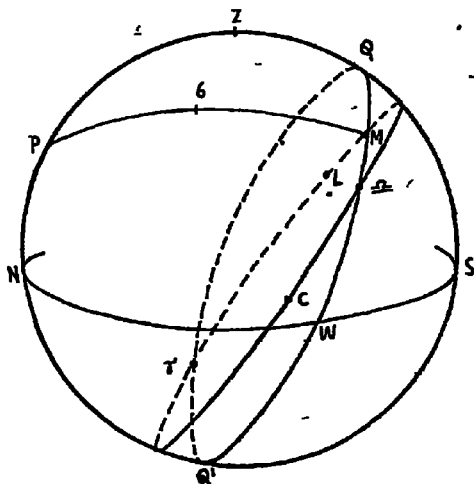
১৫২.১. মহাবিষুবকে প্রাথমিক বিন্দু (origin) এক্ষিপটিকে এবং উহার উপর মহাবিষুব বিন্দুকে মধ্য দিয়া অঙ্কিত মহাবৃত্তকে মূল বৃত্ত ধরিয়া কোন জ্যোতিষের অবস্থান নির্ণয় করিতে আমরা মহাদ্রাঘিমা এবং মহাক্ষাংশের ব্যবহার করি।



মনে করুন $L\gamma XC$ এক্সিগটিক এবং σ একটি জ্যোতিষ্কের অবস্থান
সুচনা কবিতোছে। এখানে

$$\gamma X = \text{মহাদ্রাঘিমা} = \lambda$$

$$X\sigma = \text{মহাক্ষাংশ} = \beta.$$



উদাহরণ ৭। ঢাকা (অক্ষাংশ = $3^{\circ}0'$ উঃ) অবস্থানকারী একজন পর্য-
বেক্ষক 1970 সালে 15 জুলাই তারিখে বিকাল 6 ঘটিকার সময়ে সূর্যকে
এবং একটি জ্যোতিষ্কে (বাইট অ্যাং = 14 ঘ 13 মি. এবং নতি = $19^{\circ}25'$)
আকাশে কোন্ অবস্থানে দেখিবেন তাহাব একটি চিত্র অঙ্কন করুন।

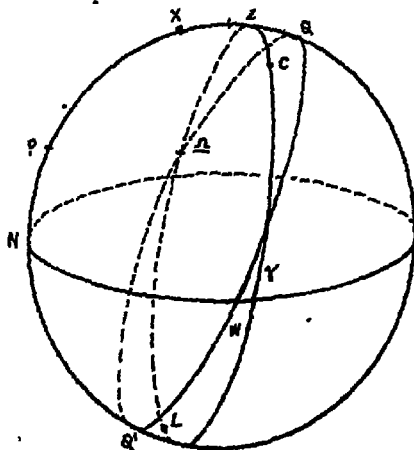
প্রথমে আমরা দিগন্তবেধা এবং মেবিডিয়ান অঙ্কন করি। তাৎপৰ্য
PN = 30° উত্তরে P-এ অবস্থান স্থির করি। 15 জুলাই তারিখে
সূর্যের রা অ্যাং = $113^{\circ}45'$ (দ্বিপ্রহবে) এবং সন্ধ্যা 6 টায় উহাব কোণিক
কাল = $6 \times 15^{\circ} = 90^{\circ}$ ।

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং } t &= \alpha + H \\ &= 113^{\circ}45' + 90^{\circ} \\ &= 203^{\circ}45' \end{aligned}$$

অতএব আমরা বিষুব বৃত্ত বরাবর মেবিডিয়ান হইতে পশ্চিমদিকে
 $203^{\circ}45'$ মাপিয়া ভাবনাল ইকুইনস γ এর স্থান নির্ণয় কবিতো পাবিলাম।
 γ হইতে 180° ডিগ্রী দূরে Ω -এর স্থান নির্ণয় কবিলাম। এখানে $\Omega\Omega =$

$203^{\circ}45' - 180^{\circ} = 23^{\circ}45'$ এখন এরিপটিক সহজেই অঙ্কন করা যায়।
যেহেতু 14 ঘ. 13 মি. $= 213^{\circ}15'$ অতএব বিবৃৎ স্বত্ত্বের উপর $Q'M = 213^{\circ}15'$ দূরে M বিন্দু লইলাম। PM মহাবৃত্তাংশ অঙ্কন করিয়া $6M = 19^{\circ}25'$ দূরে O -এর অবস্থান নির্ণয় করিলাম। স্বর্বেল অবস্থান L দ্বারা এরিপটিকের উপর $203^{\circ}45'$ হইতে দূরে নির্দেশিত হইবে।

উদাহরণ ৮। $22^{\circ}35'$ উঃ অক্ষাংশে অবস্থিত কোন একটি স্থানের আকাশে একটি নক্ষত্র সন্ধ্যা 7 ঘটিকার মেরিডিয়ান অতিক্রম করে। নক্ষত্রটির গতি $45^{\circ}56'$ এবং রাঃ অ্যাস $= 5$ ঘ. 12 মি হইলে বৎসরের কোন সময়ে ইহা সম্ভব হইবে তাহা নির্ণয় করুন।



মেরিডিয়ান অঙ্কন করার পর $PN = 22^{\circ}35'$ কাটয়া লই। QQ' বিবৃৎবৃত্ত। মনে করুন সন্ধ্যা 7 ঘটিকার নক্ষত্রটর অবস্থান X । যেহেতু X -এর নতি $= 45^{\circ}56'$, অতএব মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময়

$$t = \alpha + H = \alpha = 5 \text{ ঘ. } 12 \text{ মি.}$$

$$t = 78^{\circ}$$

অতএব $QY = 78^{\circ}$ মাপিয়া লইলে ভারনাল ইকুইনক্স Y -এর অবস্থান জানিতে পারি। এখন এরিপটিক অঙ্কন করিয়া স্বর্বেল কোণিক কাল 7 ঘটিকার সময় $7 \times 15 = 105^{\circ}$ হইতে উহা রা. অ্যাস. $(R.A.) = 78^{\circ} - 105^{\circ} = -27^{\circ} = +333^{\circ}$ পাওয়া যায়। কিন্তু 22 ডিসেম্বর তারিখে

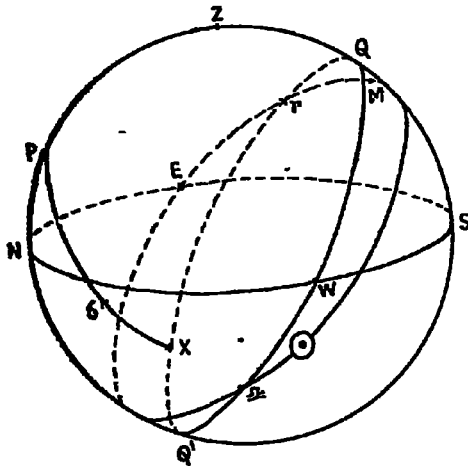
$R.A = 270^\circ$ এবং $333 - 270 = 63$ দিন পৰ অৰ্থাৎ ২৩ ফেব্ৰুৱাৰীতে সূৰ্যৰ $R.A = 333^\circ$ হইবে। অতএব নক্ষটৰ মেৰিডিয়ান অতিক্ৰম কৰিবাৰ দিন ছিল ২৩ ফেব্ৰুৱাৰী।

১৫.২.২. চন্দ্ৰেৰ কক্ষপথ এক্সিপটিকেৰ সৈতে $5^\circ 9'$ কোণে অবস্থিত হইলেও আমাৰা যদি ধৰিয়া লই যে চন্দ্ৰ এক্সিপটিকেৰ উপৰ পৰিলম্বণ কৰে তাহা হইলে

- (১) চন্দ্ৰ সূৰ্য হইতে প্ৰতিদিন 12.2° পূৰ্বদিকে সৰিয়া যায়,
- (২) অমাবস্তাৰ সময় চন্দ্ৰ এবং সূৰ্য একই মহাদ্ৰাঘিমাৰ অবস্থিত ;
- (৩) পূৰ্ণিমাৰ সময় চন্দ্ৰ এবং সূৰ্যৰ মহাদ্ৰাঘিমাৰ পাৰ্থক্য 180° হয় ;
- (৪) চন্দ্ৰেৰ বয়স x দিন হইলে উহাৰ মহাদ্ৰাঘিমা = সূৰ্যৰ মহাদ্ৰাঘিমা $+ 12.2x$.

উদাহৰণ ৯। $26^\circ 11'$ উত্তৰ অক্ষাংশে অবস্থিত কোন স্থানেৰ আকাশে ১০ অক্টোবৰে সন্ধ্যা ৪ ঘটিকাৰ সময় ১০ দিন বয়সেৰ চন্দ্ৰ, সূৰ্য এবং একট নক্ষত্ৰেৰ ($\alpha = 5$ ঘ. ৫২ মি, $\delta = 7^\circ 23'$) অবস্থান চিত্ৰেৰ সাহায্যে নিৰ্দেশ কৰন। বয়সেৰে কখন নক্ষত্ৰটি ঐ সময়ে, ঐ স্থানে মেৰিডিয়ান অতিক্ৰম কৰিবে ?

প্ৰথমে আমাৰা ঐ স্থানেৰ মেৰিডিয়ান বৃত্তটি অঙ্কন কৰিয়া উহাৰ উপৰে দিগন্তৰেখা এবং বিষুব বৃত্ত অঙ্কন কৰি।



PN=26°11' লইয়া P বিন্দু নির্দেশ কবিলাম। সন্ধ্যা ৪ ঘটিকার
সূর্যের কোণিক কালের পরিমাণ $8 \times 15 = 120^\circ$ আবার যেহেতু 23
সেপ্টেম্বর তারিখে সূর্যের R. A.=180°, অতএব 10 অক্টোবরে সূর্যের
R. A.=180°+17°=197°

$$\begin{aligned} \text{যেহেতু, } t &= \sigma + H \\ &= 197^\circ + 120^\circ \\ &= 317^\circ. \end{aligned}$$

অতএব সূর্যের অবস্থান এবং মহাদিবুকের অবস্থান নির্ণয় করা সম্ভব
হইল। ইহা হইতে Ω -এব অবস্থান নির্ণয় কবিলাম। এখন যেহেতু
10 দিনের চন্দ্রের সূর্য হইতে কোণিক দূরত্ব প্রায় $12.2 \times 10 = 122^\circ$
একটিপটিকে উপর 122° দূরে M চন্দ্রের অবস্থান নির্ণয় কবিতেছে।
৩ ঘণ্টা সূর্যের অবস্থান নির্দেশ করা হইয়াছে। আবার 5 ঘ 52
মি.=88°। অতএব দিবুকের উপর $\gamma X = 88^\circ$ লইয়া, PX বৃত্তাংশ
অঙ্কন করিয়া $X\sigma = 7^\circ 23'$ লইলে σ নক্ষত্রটির অবস্থান নির্দেশ কবিলে।
নক্ষত্রটি যখন মেবিডিয়ান অতিক্রম কবিলে তখন সাইডেরিয়াল সময়
 $t = \sigma = 5$ ঘ. 52 মি.=88° সন্ধ্যা ৪ ঘটিকার সূর্যের কোণিক কাল=
 $8 \times 15 = 120^\circ$

$$\text{অতএব সূর্যের R. A.} = 88 - 120^\circ = 328^\circ$$

$$\text{ডিসেম্বর মাসের 22 তারিখে সূর্যের R. A.} = 270^\circ$$

$$\text{অতএব 18 ফেব্রুয়ারী } = 328^\circ।$$

18 ফেব্রুয়ারী নির্ণয় সময়।

প্রশ্নমালা- ১১

১। যদি একটি জ্যোতিষ কোন স্থানের আকাশে 20 এপ্রিলে
সন্ধ্যা ৪ টার সময় মেবিডিয়ান অতিক্রম করে তাহা হইলে 30 এপ্রিল,
1 জুন এবং 30 সেপ্টেম্বর তারিখে কখন কখন উহা মেবিডিয়ান
অতিক্রম কবিলে?

২। একটি জ্যোতিষ্কের উচ্চতা (altitude) 36° হইলে উহার জেনিথ দূরত্ব কত ?

৩। একটি নক্ষত্রের জেনিথ দূরত্ব 54° হইলে উহার উচ্চতা কত ?

৪। যে স্থানে মহাদিগন্ত (ক) মহাদিগন্তের সহিত এবং (খ) Prime vertical-এর সহিত মিলিয়া যায় সেই স্থানের অক্ষাংশ কত ?

৫। একটি জ্যোতিষ্কের নতি $\delta = 7^\circ 23'$ হইলে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় ঢাকা ($\phi = 30^\circ$) ও কলিকাতার ($\phi = 22^\circ 35'$) উহার উচ্চতা কত হইবে ?

৬। যথাক্রমে 30° , $28^\circ 38'$, $26^\circ 11'$, $22^\circ 35'$ অক্ষাংশ বিশিষ্ট স্থানসমূহে ভেগা (vega) নক্ষত্রের ($\delta = 38^\circ 43'$) মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় উচ্চতা কত হইবে ?

৭। একটি নক্ষত্রের R. A. = 4 ঘ 32 মি.। কোন একটি স্থানের স্থানীয় সাইডেবিয়াল সময় 7 ঘ. 28 মি. এবং সময়ে ঐ নক্ষত্রের কৌণিক কাল কত হইবে ?

৮। গ্রীনউইচের (Greenwich-এর) সাইডেবিয়াল সময় যখন 7 ঘ 28 মি. 44 সে. তখন $-97^\circ 30'$ দ্রাঘিমা অবস্থিত স্থানের সাইডেবিয়াল সময় কত ?

৯। α -Bootis নামক নক্ষত্রের R A = 14 ঘ 13 মি. এবং কোন স্থানের (দ্রাঘিমা -77°) সাইডেবিয়াল সময় 14 ঘ. 32 মি. হইলে নক্ষত্রটির Greenwich-এ কৌণিক কাল কত হইবে ?

১০। উর্বর এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় একটি জ্যোতিষ্কের উচ্চতা যথাক্রমে $37^\circ 8'$ এবং $8^\circ 2'$ হইলে ঐ স্থানের অক্ষাংশ কত ?

১১। একটি নক্ষত্রের নতি $-28^\circ 54'$, $16^\circ 45'$ উত্তর এবং $22^\circ 35'$ উত্তর অক্ষাংশে অবস্থিত স্থানসমূহে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় উহার জেনিথ দূরত্ব কত হইবে ?

১২। কোন স্থানের মহাকাশের একটি চিত্র অঙ্কন করিয়া দিগন্ত বৃত্ত, বিষুববৃত্ত এবং একটি জ্যোতিষ্কের নতি, R.A. এবং কৌণিক কাল নির্দেশ করুন।

১০। এফ্রিটিক, মহাদ্বাঘিমা এবং মহাঙ্কাংশ বর্ণনা ককন। প্রমাণ ককন যে, কোন স্থানে ঐ নক্ষত্রের উচ্চতা ঐ স্থানের অক্ষাংশের সমান এবং একটি নক্ষত্রের উচ্চতা, মেরিডিয়ানে অবস্থান কালে সর্বাপেক্ষা বৃহৎ হইবে। ২১ মার্চ তারিখে সূর্যোদয়ের সময় সূর্যের কৌণিক কাল কত?

১৪। যদি একটি নক্ষত্র অষ্ট রাত্রি ১১ টা মেরিডিয়ান অতিক্রম কবে তাহা হইলে (১) আগামীকাল্য রাত্রিতে কোন সময় এবং (১১) ১৫ দিন পর কোন সময় উহা আবার মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবে?

১৫। বৃহত্তম দিনে (সূর্যের নতি ঐ দিনে $\delta = 23^\circ 27'$) কোন এক স্থানে সূর্যের জেনিথ দূরত্ব $49^\circ 3'$ হইলে ঐ স্থানের অক্ষাংশ এবং মধ্যরাত্রিতে সূর্যের উচ্চতা কত হইবে তাহা নির্ণয় ককন।

১৬। $\phi = 25^\circ 20'$ উত্তর অক্ষাংশে কোন স্থানের আকাশে Sirius নক্ষত্রের ($\delta = -16^\circ 38'$) মেরিডিয়ান অতিক্রম কালে উচ্চতা কত তাহা নির্ণয় ককন।

উর্ধ্ব এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় একটি নক্ষত্রের উচ্চতা যথাক্রমে $79^\circ 25'$ এবং $23^\circ 35'$ হইলে নক্ষত্রটির নতি এবং ঐ স্থানের অক্ষাংশ কত তাহা নির্ণয় ককন।

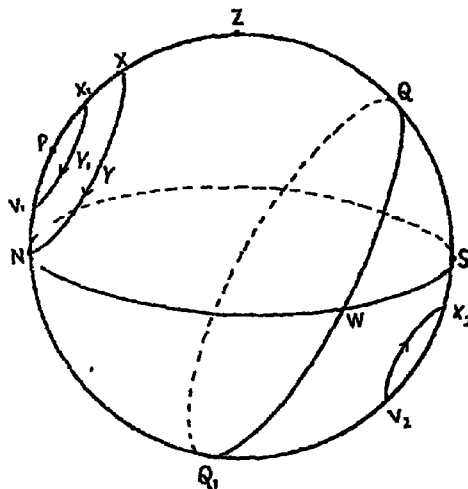
১৭। $\phi = 55^\circ 45'$ উত্তর অক্ষাংশে অবস্থিত কোন স্থানে ১৯৭০ খ্রিস্টাব্দের ২০ জুলাই রাত্রি ১০ ঘটিকার সময়ের আকাশে সূর্য, ৫ দিনের চন্দ্র, জুপিটার ($\alpha = 22$ ঘ. ৩৬ মি., $\delta = 10^\circ 12'$) এবং ক্যাপেলা নক্ষত্রের ($\alpha = 5$ ঘ. ১২ মি., $\delta = 45^\circ 56'$) অবস্থান দেখাইবা একটি মহাগোলকের চিত্র অঙ্কন ককন।

১৮। ১৯৭০ খ্রিস্টাব্দের ১০ মার্চ তারিখে রাত্রি ৯ ঘটিকার সময় 30° অক্ষাংশস্থিত স্থানের আকাশে সূর্য, ২ দিনের চন্দ্র, শনি-গ্রহ ($\alpha = 12$ ঘ. ৯ মি., $\delta = 1^\circ 26'$), Aldebaran ($\alpha = 4$ ঘ. ৩৩ মি.; $\delta = 16^\circ 24'$) নক্ষত্রের অবস্থান দেখাইবা একটি মহাগোলকের চিত্র অঙ্কন ককন।

১৫ ও পৃথিবীর আঙ্গিক এবং বার্ষিক গতি সম্বলিত সমস্তাবলী

১৫ ও ১০. যে-কোন স্থানে নক্ষত্রের অন্তঃগামী না হইবার শর্ত

মনে করুন NPZ, NWS এবং QWQ' যথাক্রমে পূর্ববেঞ্চ-কাবীর মেডিডিয়ান, দিগন্তবেধা ও মহাবিশ্বের বৃত্ত নির্দেশ করিতেছে :



P, N, W, S এবং Z বিন্দুগুলি দ্বারা তাহাদের স্বকীয় অর্থপূর্ণ বিন্দুগুলি বুঝাইতেছে। মনে করুন XYN, এবং তাহাকে বেটনকাবী কোন একটি নক্ষত্রের ভ্রমণপথ এবং উহা-ব নতি δ । যদি নক্ষত্রটি অন্তঃগামী না হয় অর্থাৎ কখনই অন্ত না যায় তাহা হইলে ইহা-ব ভ্রমণপথ সর্বদাই দিগন্তবেধাব উপরে অবস্থান করিবে বা দিগন্তবেধাকে স্পর্শ করিষা থাকিবে। অতএব সকল কোণিক কালেই ইহা দিগন্ত-বৃত্তের উপরে থাকিবে। এখন যে নক্ষত্রের নতি $=\delta$, তাহা-ব এবং নক্ষত্র হইতে দূরত্ব $=90^\circ - \delta = PX = PN$.

অতএব কোন নক্ষত্র যদি এবং নক্ষত্রকে বেটন কবে এবং সেই সঙ্গে অন্ত না যায় তাহা হইলে

$$90^\circ - \delta \leq PN$$

কিন্তু $PN = \phi$ বলিয়া আমরা পাই

$$90^\circ - \delta \leq \phi.$$

$$\text{অথবা } 90^\circ - \phi \leq \delta.$$

অতএব নির্ণেয় শর্তটি হইল এই যে

কোন স্থানের আকাশে ঐ নক্ষত্রকে যেটনকারী নক্ষত্রের নতি এবং ঐ স্থানের অক্ষাংশের যোগফল 90° অপেক্ষা বেশী হইলে নক্ষত্রটি কখনই অস্ত যাইবে না।

উদাহরণ ১০। 50° উঃ অক্ষাংশের কোন স্থানে একটি নক্ষত্রের নতি 45° হইলে নক্ষত্রটি কি অস্ত যাইবে?

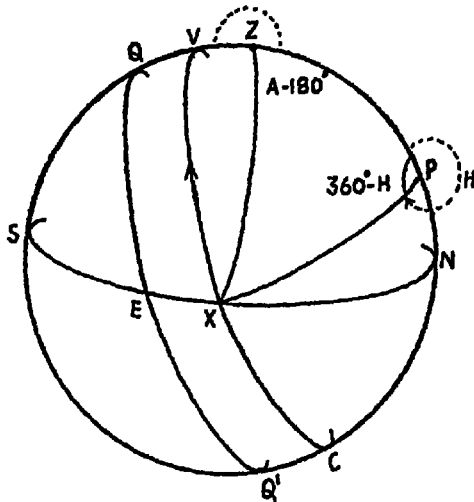
$$\text{এখানে } 50^\circ + 45^\circ = 95^\circ$$

অতএব নক্ষত্রটি অস্ত যাইবে না।

১৫.৩.২. কোন এক স্থানে উদয়ান্তের সময় সূর্যের কোণিক কাল এবং এয়িম্মাথ (azimuth) নির্ণয়

(a) উদয়কাল

মনে করুন ϕ অক্ষাংশে CXV দ্বারা সূর্যের আপেক্ষিক ভ্রমণপথ নির্দেশ করা হইল।



মনে করুন সূর্যোদয়ের সময় X অবস্থানে আছে (কোন একটি নির্দিষ্ট দিনে)। ZX , PX যথাক্রমে দিগন্ত বৃত্ত এবং বিষুব বৃত্তের উপর অঙ্কিত লম্ব বৃত্তের অংশ। মনে করুন A এবং H যথাক্রমে X -এর এলিমেন্ট এবং কোণিক কাল। চিত্র হইতে আমরা পাই যে

$$\angle XZP = A - 180^\circ$$

$$\angle ZPX = 360^\circ - H$$

$$ZX = 90^\circ, \quad PX = 90^\circ - \delta,$$

$$\delta = \text{নতি।}$$

$$PZ = 90^\circ - \phi.$$

PZX ত্রিভুজ হইতে আমরা Trigonometry-এর সাহায্যে লিখিতে পারি যে

$$\cos ZX = \cos PZ \cos PX + \sin PZ \sin PX \cos XPZ$$

$$\text{অথবা, } \cos 90^\circ = \cos (90^\circ - \phi) \cos (90^\circ - \delta) \\ + \sin (90^\circ - \phi) \sin (90^\circ - \delta) \cos (360^\circ - H)$$

$$\text{অথবা, } 0 = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H$$

$$\text{অথবা, } \cos H = -\tan \phi \tan \delta.$$

$$\therefore H = \cos^{-1} (-\tan \phi \tan \delta) \quad (১)$$

আবার,

$$\cos PX = \cos PZ \cos ZX + \sin PZ \sin ZX \cos PZX.$$

$$\text{অথবা, } \cos (90^\circ - \delta) = \cos (90^\circ - \phi) \cos 90^\circ + \sin (90^\circ - \phi) \sin 90^\circ \cos (180^\circ - A).$$

$$\text{অথবা, } \sin \delta = -\cos \phi \cos A$$

$$\therefore \cos A = -\frac{\sin \delta}{\cos \phi}$$

$$\therefore A = \cos^{-1} \left(-\frac{\sin \delta}{\cos \phi} \right) \quad (২)$$

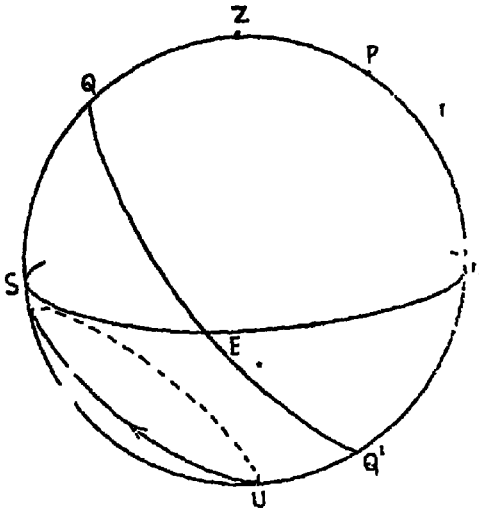
(১) এবং (২) হইতে সূর্যোদয়ের সময় উহাব কোণিক কাল এবং এলিমেন্ট জানা যায়।

লক্ষ্য করুন যে সূর্য যখন বিষুব বৃত্তের উপর অবস্থান করে তখন $\delta = 0^\circ$ ইতিমধ্যে $H = A = 90^\circ$ অর্থাৎ ২১শে মার্চ এবং ২৩শে সেপ্টেম্বর তারিখে সূর্য ঠিক ৬ ঘণ্টা কৌণিক কালের সময় উদয় হয়।

(b) একইভাবে সূর্যাস্তের সময় উহাব কৌণিককাল এবং এষিমাথ নির্ণয় করা সম্ভব।

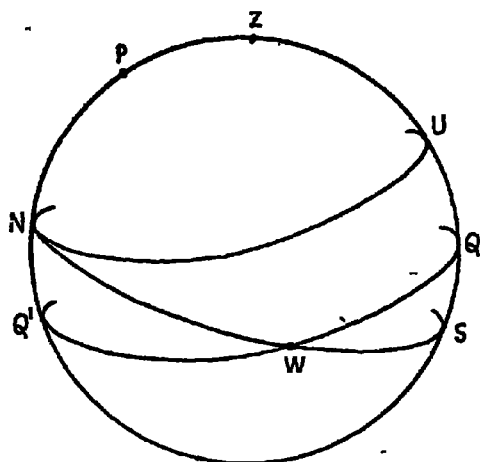
১৫.৩.৩. মধ্যরাত্রির সূর্য, সর্বক্ষণ দিন এবং সর্বক্ষণ রাত্রি

আমরা জানি যে উৎকর্ষ মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবাব সময় (কোন স্থানে) সূর্যের জেনিথ দূরত্ব $\delta - \phi$ বা $\phi - \delta$ হইবা থাকে এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবাব সময় ইহাব জেনিথ দূরত্ব $180^\circ - (\phi + \delta)$ ।



সবচেয়ে বড় দিনে (21 জুন), সূর্যের নতি $= 23^\circ 27'$ বলিয়া মেকে অঞ্চলে (অর্থাৎ যে স্থানের অক্ষাংশ $66^\circ 33'$ উঃ) মধ্যরাত্রিতে সূর্যের জেনিথ দূরত্ব 90° । অতএব এই সময় সূর্য দিগন্তবৃত্তের N বিন্দুতে স্পর্শ করিবে। সুতরাং ঐ দিন সূর্যাস্ত হইবে না। সেইসঙ্গে 22 ডিসেম্বর তারিখে (যখন দিন সর্বাপেক্ষা ছোট) সূর্যের জেনিথ দূরত্ব 90° হইবে এবং ঐ দিন সূর্যোদয় হইবে না।

মেক অক্ষলে ($\phi > 66^\circ 33'$) 21 শে মার্চ হইতে 23 শে সেপ্টেম্বর পর্যন্ত দেখা যায় যে কিছু দিনেব জন্ম সূর্যাস্ত মোটেই ঘটে না।



বতদিন পর্যন্ত সূর্য দিগন্ত বলষেব উপবে থাকে ততদিন পর্যন্ত সময়কে “সর্বক্ষণ দিন” (perpetual day) বলা হয়। আবার 23 শে সেপ্টেম্বর হইতে 21 শে মার্চ পর্যন্ত কতকদিনেব জন্ম সূর্যোদয়ই হয় না। এই সময়কে “সর্বক্ষণ রাত্রি” (perpetual night) বলে।

১৫.৩.৪ সর্বক্ষণ দিন এবং সর্বক্ষণ রাত্রি ঘটিবার শর্ত

(১) যদি নিম্নেব মেবিভিধান অতিক্রম কবিবাব সমস্ত সূর্য দিগন্ত বলষকে শুধু স্পর্শ কবে অথবা দিগন্ত বলষেব উপবে অবস্থান কবে তাহা হইলে “সর্বক্ষণ দিন” সংঘটিত হইবে। ইহাব অর্থ এই যে $\phi + \delta_N \geq 90^\circ$ হইলেই এমন অবস্থা সম্ভব হইবে। এখানে δ_N = সূর্যের উত্তর নতি (north declination)। অনুক্রপভাবে বলা যায় যে যদি সূর্যেব দক্ষিণ নতি δ_s এবং ϕ এব যোগফল 90° অপেক্ষা অধিক বা সমান হয় তাহা হইলে সর্বক্ষণ রাত্রি সম্ভব হইবে।

১৫.৩.৫. উত্তর অক্ষাংশস্থিত কোন স্থানে সর্বক্ষণ দিনের দৈর্ঘ্য

আমরা দেখিয়াছি যে সর্বক্ষণ দিন ২৪ ঘণ্টার বেশী হইতে হইলে $\delta_N + \phi \geq 90^\circ$ হইতে হইবে। অতএব আমরা লক্ষ্য কবিতেছি যে ২১শে মার্চ এবং ২২শে জুনের মধ্যে যখন সূর্যের নতি (δ_N) $90^\circ - \phi$ এবং সমান হয় তখন এমন দিন আরম্ভ হয় এবং ২২ জুন হইতে ২৩ সেপ্টেম্বরের মধ্যে যখন δ_N আবার $90^\circ - \phi$ এবং সমান হয় তখন সর্বক্ষণ দিন শেষ হয়। অতএব যে দিন সূর্যের নতি $\delta_N = 90^\circ - \phi$ হয় সে দিন হইতে আবস্ত করিয়া $\delta_N = 23^\circ 27'$ পর্যন্ত যতদিন সময় লাগিবে এবং $\delta_N = 23^\circ 27'$ হইতে ক্রমশঃ δ_N -এর মান করিয়া আবার $\delta_N = 90^\circ - \phi$ হইতে যতদিন সময় লাগিবে ততদিন পর্যন্ত সর্বক্ষণ দিনের দৈর্ঘ্য নির্দেশ করিবে। অতএব যদি L_1 এবং L_2 যদি এই দ্বিবিধ সময়ের পরিমাণ হয়, তাহা হইলে

$$\begin{aligned} \text{দৈর্ঘ্য} &= L_1 + L_2 \\ &= 2 \times \left[93 - \frac{93(90 - \phi)}{23^\circ 27'} \right] \quad \left[\text{যেহেতু ২১ মার্চ} \right. \\ &= \frac{186}{23^\circ 27'} (\phi - 66^\circ 33') \quad \left. \text{হইতে ২২ সেপ্টেম্বর} \right. \\ &\quad \left. \text{পর্যন্ত } (93 + 93) \text{ দিন} \right] \end{aligned}$$

উদাহরণ ১১। 72° অক্ষাংশে অবস্থিত কোন স্থানের সর্বক্ষণ দিনের দৈর্ঘ্য নির্ণয় করুন।

$$\begin{aligned} \text{এখন } L &= \frac{186 \times (72^\circ - 66^\circ 33')}{23^\circ 27'} \\ &= \frac{186 \times 5^\circ 27'}{23^\circ 27'} \text{ দিন।} \\ &= 43.23 \text{ (আসন্ন মান) দিন।} \end{aligned}$$

১৫.৪. সময় সম্বন্ধে আরও কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫.৪.১. সাইডেরিয়াল সময় এবং সূর্য ভাঙ্গালের সময়ের ব্যবহারে অসুবিধা

সূর্য প্রতিদিন গড়ে 1° করিয়া এক্সিপটিকের উপর পূর্বদিকে সরিয়া যায় বলিয়া প্রতিদিন বিপ্রহরে ইহার সাইডেরিয়াল সময় ৪ মিনিট

কবিষা স্বক্তি পাইতে থাকে। যদি মার্চ মাসেব 21 তাবিখে দ্বিপ্রহবে সাইডেবিষাল সময়কে 0 ঘ 0 মি 0 সে. বলিষা গণ্য কৰা হয় তাহা হইলে প্রতিদিন 4 মিনিট কবিষা স্বক্তি পাইষা জুন মাসেব 22 তাবিখেব দ্বিপ্রহবে (অর্থাৎ সূর্য যখন মেবিডিষান অতিক্রম কবিবে) সাইডে-বিষাল সময় 6 ঘণ্টাষ দাঁড়াইবে। এইরূপ এক বৎসব পব পুনৰাষ মার্চ মাসেব 21 তাবিখে সাইডেবিষাল সময়েব প্রভেদ হইবে 24 ঘণ্টা। আৰাব সূর্য ডাষাল অনুযায়ী সময় গণনা কবিলে অশুবিধা এই যে প্রকৃত সৌবদিনেব দৈর্ঘ্য সর্বদা এক নহে। সূর্য ডাষাল দাষা প্রকৃত সৌবদিন নির্দেশিত হয়।

১৫.৪.২. সময় সমীকরণ

সময় নির্ণয় কবিবাব জন্ত একটি কাল্পনিক সূর্যেব আশ্রয় লওয়া হইষাছে। প্রকৃত সূর্য এবং কাল্পনিক সূর্যকে ভাবনাাল ইকুইনকসে মিলিত অবস্থায় কল্পনা কৰা হয়। তাবপব কাল্পনিক সূর্যকে প্রতিদিন সমান গতিতে এক্লিপটিকেব উপব দিষা চলিতে কর্ত্তনা কৰা হয়। এইরূপে এক বৎসব পবে আৰাব প্রকৃত সূর্যেব সহিত ভাবনাাল ইকুইনক্সে মিলিত অবস্থায় পাওয়া যায়। কাল্পনিক সূর্যেব পব পব মেবিডিষান অতিক্রম কবিবাব সময়েব ব্যবধানকে ব্যবহারিক দিন (Mean solar day) বলিষা ধবিষা লওয়া হয়। এই ব্যবহাবিক দিনকে 24 ঘণ্টাষ বিভক্ত কৰা হয়।

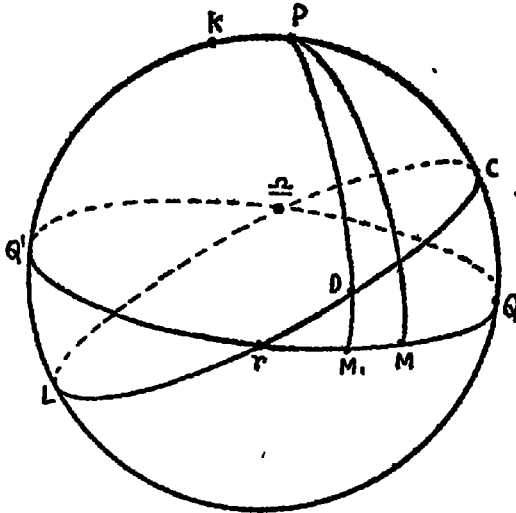
প্রকৃত সৌরদিন—ব্যবহারিক সৌরদিন=সময় সমীকরণ
(ব্যবধান)

অথবা ডাষাল সময়—ঘড়িৰ সময়=সময় সমীকরণ (ব্যবধান)

প্রকৃত সময় এবং ব্যবহাবিক সময়েব ব্যবধানের কাবণ দুইটি :

- (1) পৃথিবীৰ কক্ষপথেব চ্যাপ্টা (উপস্থিতাকাব) প্রকৃতি,
- এবং (2) মহাবিশ্ববেব সহিত কক্ষপথেব “হেলান” অবস্থান।

(i) কক্ষপথের প্রকৃতি : মনে ককন কক্ষপথের চ্যাপ্টা প্রকৃতিব জন্ত সমস্তের যে ব্যবধান স্টি হ'ল তাহার পরিমাণ E_1 . মনে ককন S এবং D



অথাক্রমে প্রকৃত সূর্য এবং কাল্পনিক সূর্যের অবস্থান। মনে ককন

t_1 = সাইডেরিয়াল সময়,

α = প্রকৃত সূর্যের R.A.

α_1 = কাল্পনিক সূর্যের R.A.

তাহা হইলে,

$$\alpha = \gamma M, \quad \alpha_1 = \gamma M_1.$$

এখন E_1 = প্রকৃত সময়—ব্যবহার্যিক সময়

= S-এব কোণিককাল—D-এর কোণিককাল

$$= (t_1 - \alpha) - (t_1 - \alpha_1)$$

$$= \alpha_1 - \alpha$$

$$= \gamma M_1 - \gamma M.$$

জানুয়ারী মাসের 3 তারিখে S এবং D উভয়েই একইস্থানে

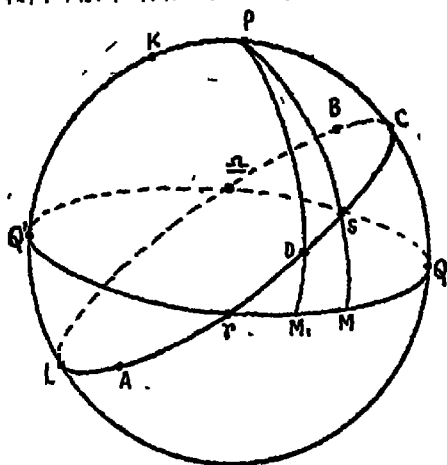
(A) আসে।

অতএব $E_1 = 0$

আবার জুলাই মাসের 4 তাবিখে একই কারণে (B) $E_1 = 0$.

আবার জানুয়ারী মাসের ৩ তারিখে, প্রকৃত সূর্য ব্যবহারিক সূর্য অপেক্ষা যেখা গতিশীল হওয়ায় ৩ জানুয়ারী হইতে জুলাই মাসের ৪ তারিখ পর্যন্ত E_1 -এর মান অশাস্ত্রক হইবে। আবার জুলাই মাসের ৪ তারিখের পব হইতে জানুয়ারী মাসের ৩ তারিখ পর্যন্ত E_1 -এর মান 'অশাস্ত্রক' হইবে।

(ii) মহাবিশ্বৰেৰে সহিত কক্ষপথেৰে “হেলান” অবস্থানজনিত দ্ৰাষ্টি :
 মনে কৰন কক্ষপথেৰে “হেলান” অবস্থানজনিত দ্ৰাষ্টিৰ পৰিমাণ
 E_2 । মনে কৰন D এবং M যথাক্রমে প্রকৃত সূৰ্য এবং ব্যবহাৰিক
 সূৰ্যৰে অবস্থান নির্দেশ কৰিতেছে যেন $\gamma M = \gamma D$.



মনে কখন t_1 = সাইডেবিয়াল সময় এবং α_1, α_2 যথাক্রমে প্রকৃত সূর্য এবং ব্যবহারিক সূর্যের R.A. (বাইট অ্যাসেনশন)।

তাহা হইলে

$$\alpha_1 = \gamma M_1, \alpha_2 = \gamma M$$

সুতরাং $E_2 =$ প্রকৃত সময়-ব্যবহারিক সময়

=D-এব কোণিককাল—M এব কোণিককাল।

$$= (t_1 - \alpha_1) - (t_1 - \alpha_2)$$

$$= \alpha_2 - \alpha_1 = \gamma M - \gamma M_1$$

মার্চ মাসেব 21 তারিখে ব্যবহারিক সূর্য এবং প্রকৃত সূর্যের অবস্থান γ বিন্দুর সহিত মিলিত হইবে। অতএব ঐ তারিখে

$$E_2 = 0.$$

জুন মাসেব 22 তারিখে প্রকৃত সূর্য C বিন্দুতে এবং ব্যবহারিক সূর্য Q বিন্দুতে অবস্থান করিবে। যেহেতু

$$\gamma C = \frac{\pi}{2} = \gamma Q$$

অতএব, জুন মাসের 22 তারিখে $E_2 = 0$.

আবার সেপ্টেম্বর মাসের 23 তারিখে, প্রকৃত সূর্য এবং ব্যবহারিক সূর্য উভয়ে অটোমনাল ইকুইনক্স π -তে মিলিত হয় যেন

$$\gamma C = \pi = \gamma Q.$$

অতএব, সেপ্টেম্বর মাসের 23 তারিখে $E_2 = 0$.

ডিসেম্বর মাসেব 22 তারিখে প্রকৃত সূর্য উইণ্টার সলিস্টিসে L (winter solstice) এবং ব্যবহারিক সূর্য Q'-এ আসে। যেহেতু

$$\gamma C = L = \frac{3\pi}{2} = \gamma C = Q'$$

অতএব, ডিসেম্বর মাসেব 22 তারিখে, $E_2 = 0$.

মার্চ মাসেব 21 তারিখে প্রকৃত এবং ব্যবহারিক সূর্য আবার একই স্থানে মিলিত হয় এবং পূর্বালোচনাব পুনরাবস্থি ঘটে।

মার্চ মাসের 21 তারিখ হইতে জুন মাসেব 22 তারিখ পর্যন্ত E_2 -এর মান ঋণাত্মক। উপরেব আলোচনা সংক্ষিপ্ত সার রূপে আম্রবা লিখিতে পারি যে

(১) E_2 -এর মান 21 শে মার্চ, 22 শে জুন, 23 শে সেপ্টেম্বর এবং 22 শে ডিসেম্বর তারিখে “শূন্য” হয়,

(২) 21 শে মার্চ হইতে 22 শে জুন পর্যন্ত এবং 23 শে সেপ্টেম্বর হইতে 22 শে ডিসেম্বর পর্যন্ত E_2 -এর মান “ঋণাত্মক” (-) হয়;

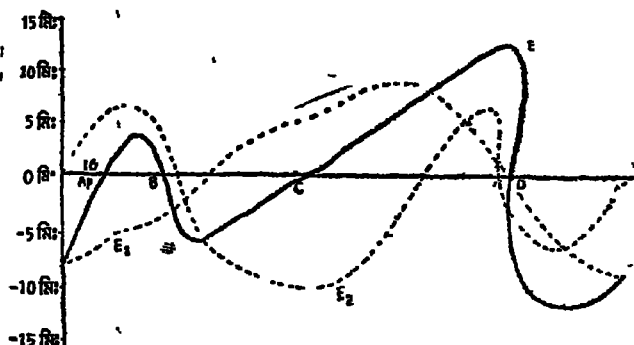
এবং (৩) 22 শে জুন হইতে 23 শে সেপ্টেম্বর এবং 22 শে ডিসেম্বর হইতে 21 শে মার্চ পর্যন্ত E_2 -এর মান “ঋণাত্মক” হয়।

১৫-৪-৩. সময় সমীকরণের “গ্রাফ” বা লেখচিত্র

যদি আমরা সময় সমীকরণে পরিমাণকে E দ্বারা নির্দেশ করি তাহা হইলে

$$E = E_1 + E_2$$

E_1 এবং E_2 -এব মান নির্ণয় কবিয়া দেখা যায় যে E_1 -এব বৃহত্তম প্রকৃত (numerical) মান প্রায় ৭ মিনিট এবং E_2 -এব বৃহত্তম মান প্রায় ১০ মিনিট হইয়া থাকে। বৎসবে বিভিন্ন সময়ে E -এর মান নির্ণয় কবিয়া আমবা যে চিত্র পাই তাহা নিম্নে প্রদর্শিত হইল (একটানা লাইন)।



চিত্র হইতে দেখা যায় যে E -এব মান বৎসরে চার বাব (১৬ এপ্রিল, ১৫ জুন, ১ সেপ্টেম্বর এবং ২৫ ডিসেম্বর) শূন্য হয়। এই সময়গুলি যথাক্রমে A, B, C, D বিন্দু দ্বারা প্রদর্শিত হইয়াছে।

উদাহরণ ১২। কোন এক স্থানের সূর্যোদয় ৬ ঘ. ৩১ মি. ৪৮ সেকেন্ডের সময় এবং সূর্যাস্ত ৫ ঘ. ১৭ মি. ৪৪ সেকেন্ডের সময় ঘটয়া থাকে। সময় সমীকরণ নির্ণয় করুন।

$$E = \text{সময় সমীকরণ}$$

$$\text{প্রাতঃকালের দৈর্ঘ্য} = 12 \text{ ঘ} - 6 \text{ ঘ. } 31 \text{ মি. } 48 \text{ সে.}$$

$$= 5 \text{ ঘ. } 28 \text{ মি. } 12 \text{ সে.}$$

$$\text{বিকালের দৈর্ঘ্য} = 5 \text{ ঘ. } 17 \text{ মি. } 44 \text{ সে.}$$

$$2E = 5 \text{ ঘ. } 28 \text{ মি. } 12 \text{ সে.} - 5 \text{ ঘ. } 17 \text{ মি. } 44 \text{ সে.}$$

$$= 10 \text{ মি. } 28 \text{ সে.}$$

$$E = 5 \text{ মি. } 14 \text{ সে.}$$

১৫.৪.৪. ব্যবহারিক সময় এবং সাইডেরিয়াল সময়ের মধ্যে সম্পর্ক

১ দ্রাঘিমার যে কোন এক স্থানে

স্থানীয় সাইডেরিয়াল সময় = ব্যবহারিক সূর্যের কৌণিককাল
+ ইহার R. A.

যে-কোন নির্দিষ্ট মুহুর্তে মনে করুন t_1, h_1 এবং σ_1 দ্বারা স্থানীয় সাইডেরিয়াল সময়, ব্যবহারিক সূর্যের কৌণিককাল এবং ইহার R. A. সূচনা করা হইল। তাহা হইলে

$$t_1 = h_1 + \alpha_1$$

একদিন পরে মনে করুন উহাদের মান যথাক্রমে t_2, h_2 এবং α_2 হইল। তাহা হইলে

$$t_2 = h_2 + \alpha_2$$

$$t_2 - t_1 = (h_2 - h_1) + (\alpha_2 - \alpha_1)$$

$$\text{কিন্তু } h_2 - h_1 = 24.$$

এখন মনে করুন ব্যবহারিক সূর্যের কৌণিক আবর্তন গতির পরিমাণ (1 দিনে) = ω .

$$\text{অতএব } \omega = \frac{360^\circ}{365\frac{1}{4}} \text{ অথবা } \frac{24 \text{ ঘ}}{365\frac{1}{4}} \text{ (প্রায়)}$$

$$\alpha_2 - \alpha_1 = \frac{24 \text{ ঘ}}{365\frac{1}{4}}$$

$$\begin{aligned} \text{সাইডেরিয়াল সময়} = t_2 - t_1 &= 24 + \frac{24}{365\frac{1}{4}} \\ &= 24 \cdot \frac{366\frac{1}{4}}{365\frac{1}{4}} \end{aligned}$$

$$\text{ব্যবহারিক 24 ঘণ্টা} = 24 \cdot \frac{366\frac{1}{4}}{365\frac{1}{4}} \text{ সাইডেরিয়াল সময়}$$

অর্থাৎ ব্যবহারিক 24 ঘ = 24 ঘ. 3 মিনি. 56.556 সে.

(সাইডেরিয়াল সময়)

” 1 ঘ = 1 ঘ. 9.8565 সে. (”)

” 1 মিনি. = 1 মিনি. 0.1643 সে. (”)

” 1 সে. = 1.0027 সে. (”)

প্রকাশান্তবে

24 ঘ. সাইডেবিয়াল সময় = 24 ঘ. - 3 মি. 55 910 সে. (ব্যবহারিক সময়)

1 ঘ " " = 1 ঘ. - 9 8296 সে. (")

1 মি " " = 1 মি. - 0.1638 সে. (")

1 সে. " " = 1 সে. - 0027 সে. (")

প্রশ্নমালা-১২

১। যখন কোন স্থানে ভাবনাল ইকুইনক্সেব কৌণিক কাল 15 ঘণ্টা, তখন ঐ স্থানে ঐ মুহূর্তে সাইডেবিয়াল সময় কত?

২। সূর্যেব কৌণিককাল যখন 80° -এব সমান তখন ঐ স্থানেব প্রকৃত সময় কত?

৩। α -Cygni নামক তারাব R. A. = 20 ঘ. 39 মি. হইলে তারকাটির মেৰিডিয়ান অতিক্রম কৰিবাব কালে সাইডেবিয়াল সময় কত হইবে।

৪। কোন একটি নির্দিষ্ট স্থানেব বারি 10 ঘণ্টাকাব কোন তাৰিখে একটি নক্ষত্র ($\alpha=16$ ঘ. 26 মি.) মেৰিডিয়ান অতিক্রম কৰিবে?

৫। কোন এক স্থানে একদিন পূৰ্বেকাৰ মধ্যৰাত্ৰিতে সাইডেবিয়াল সময় 5 ঘ. 15 মি. ছিল। অথচ যদি সেই স্থানে এই মুহূর্তে সাইডেবিয়াল সময় 14 ঘ. 30 মি হয় তাহা হইলে ব্যবহারিক সময় কত হইবে?

৬। যদি Greenwich-এ বিপ্রহবে ব্যবহারিক সূর্যেব R. A. = 0 ঘ 6 মি 40 সে হয়, তাহা হইলে যে নক্ষত্ৰেব R. A. = 18 ঘ. 43 51 সে. সেই নক্ষত্র কোন সময়ে মেৰিডিয়ান অতিক্রম কৰিবে?

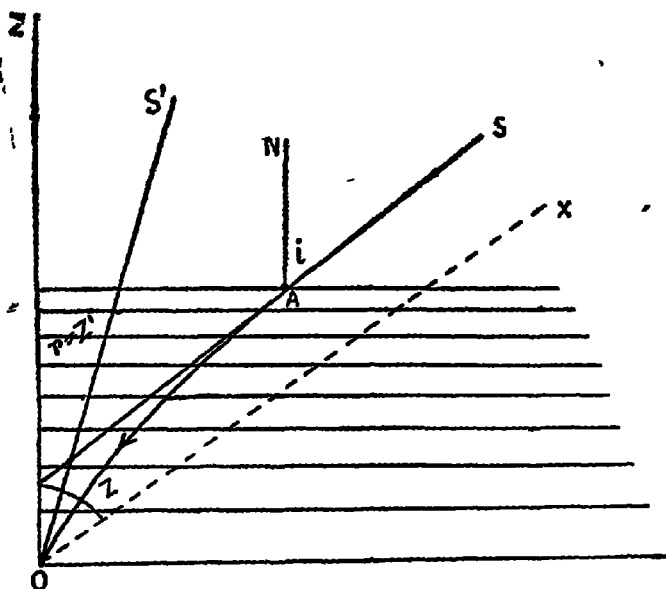
৭। কোন একস্থানে কোন একদিনে 6 ঘ. 54 মি-এব সময় সূর্যোদয় এবং 4 ঘ 33 মি.-এব সময় সূর্যাস্ত হইয়া থাকিলে ঐদিনে সময় সমীকরণেব পরিমাণ কত?

৮। সাইডেবিয়াল সময় 5 ঘ 32 মি. 37 সে এবং ব্যবহারিক সূর্যেব বিপ্রহবেব সময় R. A. = 7 ঘ. 37 মি 32 সে. হইলে ব্যবহারিক সময় কত?

১৫.৫.৫. প্রতিসরণ (Refraction) সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫.৫.১ সূত্র (Tangent)

মনে করুন যে আকাশে কোন জ্যোতিক S হইতে একটি আলোক রশ্মি SA আসিয়া পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলের উচ্চতম স্তরের A বিন্দুতে পতিত হইল (চিত্র দেখুন)। AN লম্ব। মনে করুন SA রশ্মিটি



AN -এর সহিত i কোণ উৎপন্ন করিল। বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তর অতিক্রম করিতে আলোক রশ্মিট অনেকেটা বাঁকিয়া যাইবে এবং পৰিণেবে যখন ইহা O বিন্দুতে আসিয়া পৌঁছিতে তখন O বিন্দুতে পর্যবেক্ষণকারীর নিকট রশ্মিটকে S_1 এর দিক হইতে আসিতে দেখা যাইবে। অতএব প্রতিস্বর্ণের ফলে S নক্ষত্রটিকে S_1 এর স্থানে অবস্থিত বলিয়া মনে হইবে। এখানে OS_1 লাইনটিকে AO বক্র লাইনের সহিত স্পর্শক রূপে দেখানো হইয়াছে। মনে করুন OX লাইনটি AS -এর সমান্তরাল করিয়া টানা হইল। যদি নক্ষত্র হইতে আগত আলো

প্রতিসরিত না হইত তাহা হইলে O বিন্দুতে নক্ষত্রটিকে X অবস্থানে দেখা যাইত। মনে করুন Z বিন্দু জেনিথের অবস্থান এবং

$$Z = \angle XOZ = \text{প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব} ; \quad (১)$$

$$Z' = \angle S_1OZ = \text{আপাত জেনিথ দূরত্ব (apparent)} । \quad (২)$$

$$\text{অতএব } R = \angle XOS_1 = \angle XOZ - \angle S_1OZ \\ = \text{প্রতিসরণের পরিমাণ}$$

$$\text{অথবা } R = Z - Z' \quad (৩)$$

$$\text{এখন, } \angle XOZ = \angle SAN = 1, \quad S_1OZ = r.$$

$$\therefore Z = 1, \quad Z' = r$$

মনে করুন μ = প্রতিসরণ সূচক। অতএব

$$\sin 1 = \mu \sin r$$

$$\text{অথবা } \sin Z = \mu \sin Z' \quad (৪)$$

(৩) এবং (৪) হইতে আমরা পাই

$$\sin (Z' + R) = \mu \sin Z'$$

$$\text{অথবা } \sin Z' \cos R + \cos Z' \sin R = \mu \sin Z'$$

যেহেতু প্রতিসরণের পরিমাণ R-এর মান ক্ষুদ্র, অতএব আমরা $\cos R \approx 1$, $\sin R \approx R$ লিখিতে পারি।

$$\text{অতএব } \sin Z' + R \cos Z' = \mu \sin Z'$$

$$\text{অথবা } R = (\mu - 1) \tan Z' \quad (৫)$$

যদি R এর মান বেডিয়ান একক হইতে সেকেন্ড এককে স্থানান্তরিত করা হয় তাহা হইলে $R = 206265 (\mu - 1) \tan Z'$

$$\text{এক বেডিয়ান} \equiv 206265''$$

আবার $k = 206265(\mu - 1)$ ধরিয়া আমরা লিখিতে পারি যে

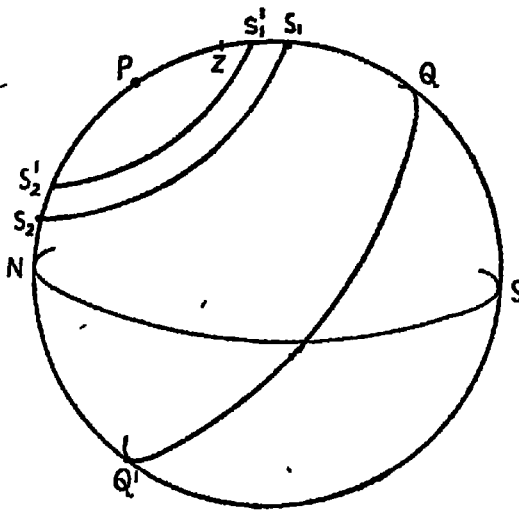
$$R = k \tan Z' \quad k = \text{প্রতিসরণ সংখ্যা}$$

১৫.৫.২. প্রতিসরণ সংখ্যা k-এর মান নির্ণয় কর

তিন উপায়ে k-এর মান নির্ণয় করা যায়। এই তিনটি উপায় পব-পৃষ্ঠায় বিস্তারিতভাবে আলোচনা করা হইল।

(১) প্রথম উপায়

আমরা একটি প্রবৃত্তকে বেঠনকারী একটি নক্ষত্রের মেরিডিয়ান অবস্থানগুলি লক্ষ্য করিয়া k -এব মান নির্ণয় করিতে পারি। মনে ককন প্রকৃত অবস্থান S_1 এবং S_2 -তে উপরিলিখিত একটি নক্ষত্র মেরিডিয়ান অতিক্রম কবে এবং প্রতিসবণেব ফলে আমবা উহাকে যথাক্রমে S_1^1 এবং S_2^1 অবস্থানে লক্ষ্য করিলাম।



মনে ককন Z_1 এবং Z_2 , নক্ষত্রটির জেনিথ দূরত্ব। তাহা হইলে
 $Z_1 = ZS_1^1$, $Z_2 = ZS_2^1$

কিন্ত নক্ষত্রের প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব ZS_1 এবং ZS_2 হওয়ায় আমবা লিখিতে পারি যে $ZS_1 = ZS_1^1 + S_1^1S_1 = Z_1 + k \tan Z_1$

$$\text{এবং } ZS_2 = ZS_2^1 + S_2^1S_2 = Z_2 + k \tan Z_2$$

মনে ককন ϕ = অক্ষাংশ (উত্তর গোলাধর্মে) এবং δ = নক্ষত্রের প্রকৃত নতি। তাহা হইলে $NP = \phi$, $PZ = 90^\circ - \phi$

$$PS_1 = PS_2 = 90^\circ - \delta$$

$$\text{কিন্ত } PS_1 = PZ + ZS_1$$

$$\text{অথবা, } 90^\circ - \delta = 90^\circ - \phi + Z_1 + k \tan Z_1 \quad (৬)$$

$$\text{এবং, } P S_2 = Z S_2 - P Z$$

$$\text{অথবা, } 90^\circ - \delta = Z_2 + k \tan Z_2 - (90^\circ - \phi) \quad (৭)$$

(৬) এবং (৭) হইতে আমবা পাই

$$180^\circ - 2\phi = Z_2 - Z_1 + k (\tan Z_2 - \tan Z_1)$$

$$k = \frac{180^\circ - 2\phi - Z_2 + Z_1}{\tan Z_2 - \tan Z_1} \quad (৮)$$

(২) দ্বিতীয় উপায়

যদি অক্ষাংশ ϕ এর মান না জানা থাকে, তাহা হইলে আমবা দুইটি ঞ্ৰব বেটনকাবী নক্ষত্রের অবস্থান নির্ণয় কবিয়া k -এব মান নির্ণয় কবিতে পাবি। যদি (Z_1, Z_2) , (Z_3, Z_4) বথাক্রমে দুইটি নক্ষত্রের আপাত জেনিথ দূবহ নির্দেশ কবে তাহা হইলে (৬), (৭) হইতে আমবা লিখিতে পাবি যে

$$180^\circ - 2\phi = Z_2 - Z_1 + k (\tan Z_2 - \tan Z_1) \quad (৯)$$

$$\text{এবং } 180^\circ - 2\phi = Z_4 - Z_3 + k (\tan Z_4 - \tan Z_3) \quad (১০)$$

(৯) এবং (১০) হইতে ϕ বর্জন কবিয়া আমবা পাই

$$k(\tan Z_2 + \tan Z_3 - \tan Z_1 - \tan Z_4) = Z_4 + Z_1 - Z_2 - Z_3$$

$$\text{অর্থাৎ } k = \frac{(Z_4 + Z_1) - (Z_2 + Z_3)}{(\tan Z_2 + \tan Z_3) - (\tan Z_1 + \tan Z_4)} \quad (১১)$$

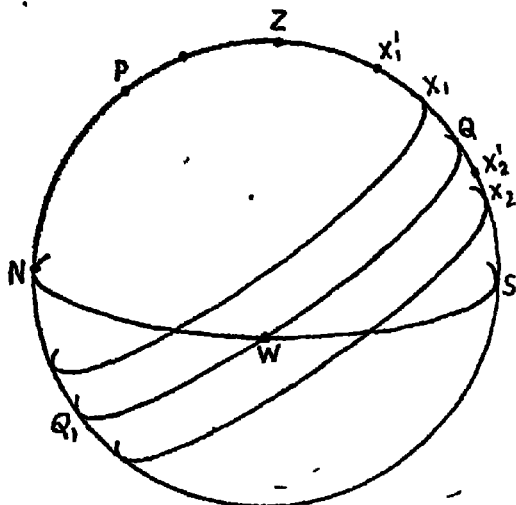
(৩) তৃতীয় উপায় (Bradley)

এখানে দুইটি নক্ষত্রের পবিবর্তে একটি নক্ষত্রের এবং সূর্যের মেবিডিয়ান উচ্চতা নির্ণয় কবা হয়। মনে ককন Z_1 এবং Z_2 একটি ঞ্ৰব নক্ষত্র বেটনকাবী নক্ষত্রের জেনিথ দূবহ। তাহা হইলে আমবা জানি যে,

$$180^\circ - 2\phi = Z_2 - Z_1 + k (\tan Z_2 - \tan Z_1) \quad (১২)$$

মনে ককন যে সূর্য যখন গ্রীষ্মকালীন সলিসটস (Summer Solstice) এবং শীতকালীন সলিসটস (Winter Solstice) এ অবস্থান কবে তখন বিপ্রহবে X_1 এবং X_2 বিন্দুতে সূর্য প্রকৃতপক্ষে মেবিডিয়ান অতিক্রম কবিল।

এখানে $QX_1 = QX_2 = 23^\circ 27'$ মনে করুন ঐ দুই দিনে X_1^1 , X_2^1 সূর্যের আপাত অবস্থান এবং ZX_1^1 , ZX_2^1 উহার জেনিথ দূরত্ব। যদি



এই দুই জেনিথ দূরত্বের মান S_1 এবং S_2 হয় তাহা হইলে

$$\left. \begin{aligned} ZX_1 &= ZX_1^1 + X_1^1X_1 = S_1 + k \tan S_1 \\ \text{এবং } ZX_2 &= ZX_2^1 + X_2^1X_2 = S_2 + k \tan S_2 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{কিন্তু } ZX_1 &= ZQ - X_1Q = \phi - 23^\circ 27' \\ ZX_2 &= ZQ + X_2Q = \phi + 23^\circ 27' \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

(১৭) এবং (১৮) হইতে আমরা পাই

$$2\phi = S_1 + S_2 + k (\tan S_1 + \tan S_2) \quad (19)$$

অতএব (৯) এবং (১৫) নং সমীকরণ দুইটি হইতে আমরা পাই

$$180^\circ = S_1 + S_2 + Z_2 - Z_1 + k (\tan S_1 + \tan S_2 + \tan Z_2 - \tan Z_1)$$

$$\text{অথবা } k = \frac{180^\circ - (S_1 + S_2 + Z_2 - Z_1)}{\tan S_1 + \tan S_2 + \tan Z_2 + \tan Z_1} \quad (20)$$

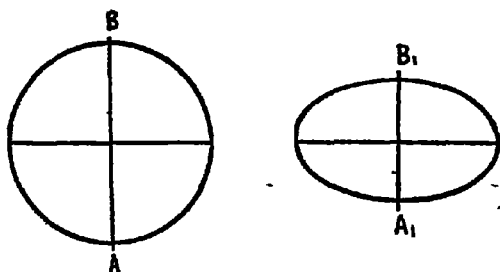
অথবা (১৬) হইতে আমরা k -এর মান নির্ণয় করিতে পারি।

১৫.৫ ৩. প্রতিসরণের ফল

(১) একটি জ্যোতিষের এযিমাথ (azimuth) এবং একটি খাড়া মহাবৃত্তকে অতিক্রম করিবার সময় প্রতিসরণ দ্বারা প্রভাবান্বিত হয় না।

প্ৰতিসৰণেৰ নিয়মানুসাৰে একটু বস্তু এৰু ইহাৰ প্ৰতিসৰণ বিষ একই সময়তে অবস্থান কৰে বলিবা একটু জ্যোতিৰ একই খাডা (vertical) মহাবস্তুৰ উপৰ জেনিথেৰ দিকে সৰিবা যায়। ফলে প্ৰতিসৰণেৰ কোন প্ৰভাৱ জ্যোতিৰেৰ এৰিমাত্ৰ এৰু অতিক্ৰম কৰাৰ সময়ৰেৰ উপৰ অনুভূত হ'ব না।

(ii) প্ৰতিসৰণেৰ ফলে সূৰ্য এৰু চন্দ্ৰ যখন দিগন্তৰেখাৰ নিকটে থাকে (উদযান্তৰ সময়) তখন তাহাদিগকে অপেক্ষাকৃত চ্যাপ্টা (flatter) দেখায। দিগন্তৰেখাৰ নিকটে প্ৰতিসৰণেৰ পৰিমাণ $34'$ এৰু যে জ্যোতিৰেৰ জেনিথ

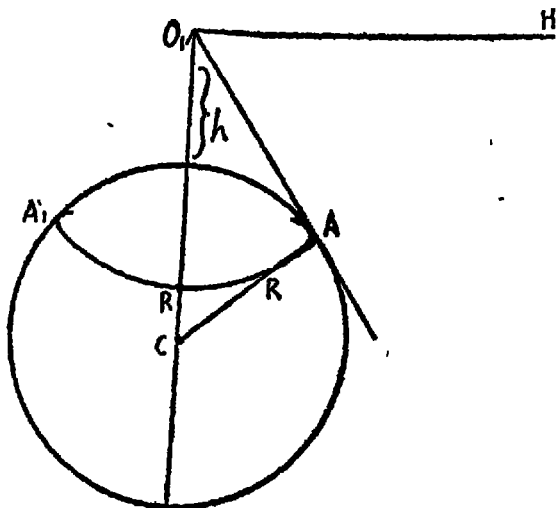


দূৰত্ব 90° অপেক্ষা কম তাহাৰ প্ৰতিসৰণেৰ পৰিমাণ $34'$ অপেক্ষা কম। ইহাৰ ফলে সূৰ্যেৰ দিগন্তৰেখাৰ অবস্থান কালে ইহাৰ নীচেৰ অংশকে উপৰেৰ অংশ অপেক্ষা একটু বেশী জেনিথেৰ দিকে সৰিবা আসিতে দেখা যায়। কিন্তু প্ৰতিসৰণেৰ ফলে দিগন্ত বৰাৰ সূৰ্যেৰ ব্যাসেৰ কোন পৰিৱৰ্তন হ'ব না। কিন্তু উপৰোক্ত কাৰণে খাডা ব্যাসটি প্ৰায় $5'$ কমিবা যায়। ইহাৰ ফলে সূৰ্য বা চন্দ্ৰকে কিছুটা চ্যাপ্টা দেখায।

(iii) প্ৰতিসৰণেৰ জন্তু সূৰ্য বা চন্দ্ৰকে অপেক্ষাকৃত ক্ৰত উদয় হইতে এৰু অপেক্ষাকৃত হীবে অস্ত যাইতে দেখা যায়।

ইহাৰ কাৰণ এই যে সূৰ্য যখন প্ৰকৃত পক্ষে দিগন্তৰেখাৰ $34'$ নীচে থাকে তখনই আমবা সূৰ্যকে উদয় হইতে দেখি। যেহেতু সূৰ্যেৰ ব্যাসাৰ্ধ পৃথিৱীতে $16'$ কোণ উৎপন্ন কৰে, অতএব সূৰ্যেৰ কেন্দ্ৰ $34' + 16' = 50'$ মিনিট দিগন্তৰ নীচে থাকিবাৰ সময় আমবা সূৰ্যোদয় বা সূৰ্যাস্ত দেখি। অতবাং সূৰ্যাস্ত বা সূৰ্যোদয়েৰ সময় সূৰ্যেৰ জেনিথ দূৰত্ব $= 90^\circ 50'$ এৰু সূৰ্যোদয় এৰু সূৰ্যাস্ত প্ৰায় $3\frac{1}{2}$ মিনিটে পূৰ্বে এৰু পৰে ঘটিবা থাকে।

(১৭) (a) সমুদ্রবক্ষে দিগন্তরেখার দূরত্ব এবং “ডিপ” (Dip) মনে করুন C পৃথিবী-কেন্দ্র এবং O_1 পর্যবেক্ষকবীর ভূ-পৃষ্ঠে h উচ্চতায়



অবস্থান। পর্যবেক্ষকবীর দৃশ্যমান দিগন্তরেখা AA_1 দ্বারা নির্দেশ করা হইল।

O_1CA ত্রিভুজ হইতে আমরা পাই

$$\begin{aligned}(O_1A)^2 &= \left(R + \frac{h}{5280}\right)^2 - R^2 \\ &= \frac{2Rh}{5280} + \left(\frac{h}{5280}\right)^2\end{aligned}$$

যেহেতু h-এব মান ক্ষুদ্র, অতএব $\left(\frac{h}{5280}\right)^2$ বাদ দিয়া আমরা পাই

$$(O_1A)^2 = \frac{2Rh}{5280}$$

$$\therefore O_1A = \sqrt{\frac{7920}{5280}h} \quad (\because R=3960 \text{ মাইল})$$

$$= \sqrt{\frac{3}{2}h} \text{ মাইল}$$

অতএব সমুদ্র-পৃষ্ঠে দিগন্তবেখার দূরত্ব

$$= \sqrt{\frac{8}{2}} h \text{ মাইল।}$$

প্রকৃত দিগন্তবেখা O_1H -এব সহিত O_1A যে কোণ উৎপন্ন করে তাহাকে “ডিপ্” (dip) বলে

$$\text{এখানে ডিপ্} = \Delta = \angle HO_1A.$$

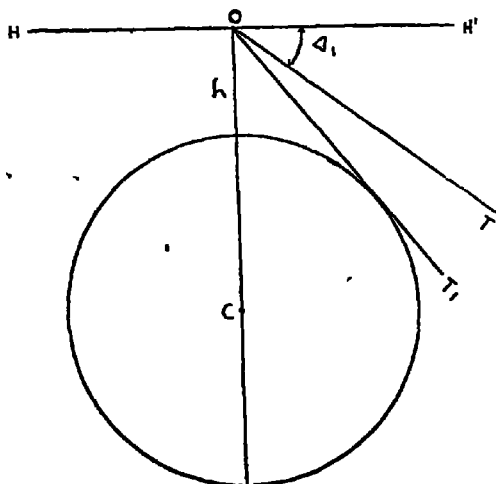
$$= \angle ACO_1 = \frac{O_1A}{CA} \text{ (আসন্ন মান)}$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{3}{2}}h}{3960} \text{ রেডিয়ান}$$

$$= \frac{3438}{3960} \times \sqrt{\frac{3}{2}} \times \sqrt{h} \text{ মিনিট}$$

$$= \sqrt{h} \text{ (প্রায়) (1 রেডিয়ান} = 3438')$$

(b) প্রতিসবণের জন্য সমুদ্র-পৃষ্ঠে দিগন্তবেখার দূরত্ব স্থিতি পাৰ এবং ডিপের মান কমিষা য়াৰ। মনে কৰুন h উচ্চতায় অবস্থিত O বিন্দু



হইতে ভূ-পৃষ্ঠের উপর OT_1 স্পর্শক অঙ্কন করা হইল। প্রতিসবণের জন্য T_1 হইতে রশ্মি বায়ুমণ্ডলের ভাব ভেদ করিষা বক্র পথে আসিষা।

ও বিন্দুতে মিলিত হব। ইহার ফলে OT_1 -কে OT -এর দিকে প্রতীক্ষমান হয়। সুতরাং OT_1 বৃদ্ধি পাইয়া OT এবং Δ কমিয়া যাইয়া Δ_1 -এ পরিণত হয়।

(৭) প্রতিসরণের জন্য চন্দ্রকে চন্দ্রগ্রহণের সময় লোহিত বর্ণাকার দেখায। ইহাব কারণ এই যে চন্দ্রগ্রহণের সময় পৃথিবী চন্দ্র এবং সূর্যের মধ্যে আসিয়া পড়ে এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর উপর পতিত রশ্মিসমূহের কতকাংশ বাঁকিয়া চন্দ্র-পৃষ্ঠে পতিত হয়। লোহিত বর্ণের রশ্মিগুলি অত্যধিক প্রবেশ ক্ষমতার অধিকারী হওয়াব চন্দ্রকে লোহিত বর্ণাকার দেখায়।

উদাহরণ ১৩। একটি নক্ষত্রের উচ্চতা 50° -তে দেখা গেলে ইহাব প্রকৃত উচ্চতা কত হইবে ($k=58''.2$)?

মনে ককন প্রকৃত উচ্চতা $=a$

অতএব জেনিথ দূবঙ্গ (দৃশ্যতঃ) $=90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$

যদি R'' -প্রতিসরণের পরিমাণ হয়, তাহা হইলে

$$\begin{aligned} R &= 58''.2 \tan 40^\circ \\ &= 48''.83 \end{aligned}$$

অতএব প্রকৃত জেনিথ দূবঙ্গ $= 40^\circ 48''.83$.

$$\begin{aligned} \text{প্রকৃত উচ্চতা } a &= 90^\circ - 40^\circ 48''.83 \\ &= 49^\circ 59' 11'' 17. \end{aligned}$$

উদাহরণ ১৪। $53^\circ 23' 13''$ উত্তর অক্ষাংশস্থিত কোন স্থানে একটি নক্ষত্রের উচ্চ এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় জেনিথ দূবঙ্গ যথাক্রমে $8^\circ 48' 37''$ এবং $64^\circ 22' 47''$ দেখা গেল। প্রতিসরণ সংখ্যা k -এব মান নির্ণয় ককন।

$$\begin{aligned} \text{প্রকৃত জেনিথ দূবঙ্গ} &= 8^\circ 48' 37'' + k \tan (8^\circ 48' 37'') \\ &\text{এবং } 64^\circ 22' 47'' + k \tan (64^\circ 22' 47'') \end{aligned}$$

যোগ করিয়া আমরা পাই

$$2 (90^\circ - 53^\circ 23' 13'') = 73^\circ 11' 24'' + k (0.155 + 2.085)$$

$$\text{অথবা } k = \frac{73^{\circ}13'34'' - 73^{\circ}11'24''}{2 \ 240} \\ = \frac{2'10''}{2 \ 240} = 58''.0$$

$$\text{নির্ণেয় } k = 58''.$$

উদাহরণ ১৫। উত্তর অক্ষাংশস্থিত কোন এক স্থানের মান মন্দিরে (observatory) একটি নক্ষত্রের উচ্চ এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম কালের জেনিথ্ দূরত্ব যথাক্রমে $7^{\circ}22'11''.89$ এবং $69^{\circ}37'47''.13$ দেখা গেল। যদি নক্ষত্রটি জেনিথের উত্তর পার্শ্বে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিয়া থাকে তাহা হইলে নক্ষত্রটির নতি এবং ঐ স্থানের অক্ষাংশ নির্ণয় করুন ($k = 58''$)।

মনে করুন ϕ এবং δ যথাক্রমে ঐ স্থানের অক্ষাংশ এবং নতি। প্রকৃত জেনিথ্ দূরত্ব যথাক্রমে

$$7^{\circ}22'11''.89 + 58''.2 \tan (7^{\circ}22'11''.89) \text{ এবং} \\ 69^{\circ}37'47''.13 + 58''.2 \tan (69^{\circ}37'47''.13)।$$

উভয়কে যোগ করিয়া আমরা পাই

$$180 - 2\phi = 76^{\circ}59'59.02 + 58''.2 (1.294 + 2 \ 6933) \\ = 76^{\circ}59'59'' \ 02 + 164'' \ 3 \\ = 77^{\circ}2'43'' \ 32 \\ \phi = \frac{180^{\circ} - 77^{\circ}2'43'' \ 32}{2} = 51^{\circ}28'38''.34$$

$$\text{এবং } \delta - \phi = 7^{\circ}22'11''.89 + 58''.2 \times 1.294 \\ = 7^{\circ}22'19''.42 \\ \delta = 7^{\circ}22'19''.42 + 51^{\circ}28'38''.34 \\ = 58^{\circ}50'57''.76।$$

প্রশ্নমালা-১৩

১। একটি নক্ষত্রের দৃশ্যমান জেনিথ্ দূরত্ব 60° এবং $k = 58''.2$ হইলে প্রকৃত জেনিথ্ দূরত্ব কত হইবে?

২। একটি নক্ষত্রের অক্ষাংশ 36° এবং $k=58''\cdot 2$ হইলে প্রকৃত জেনিথ্ দূরত্ব কত হইবে?

৩। 60° উত্তর অক্ষাংশে একটি নক্ষত্রের জেনিথ্ দূরত্বের যথাক্রমে $3^\circ 19' 57''$ এবং $63^\circ 18' 4''$ হইলে k -এর মান নির্ণয় করুন।

৪। উচ্চ এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় একটি নক্ষত্রের জেনিথ্ দূরত্ব যথাক্রমে $75^\circ 3' 13''$ এবং $1^\circ 53' 19''$ (দঃ)-তে দেখা গেল। এই দুই ক্ষেত্রে k -এর মান যথাক্রমে $3' 42''$ এবং $1''\cdot 9$ হইয়া থাকিলে স্থানীয় অক্ষাংশ এবং নক্ষত্রের নতি নির্ণয় করুন।

৫। একটি নক্ষত্রের উচ্চতা যথাক্রমে 20° এবং 30° এবং k -এর জন্ম প্রান্তের পরিমাণ যথাক্রমে $1' 40''$ এবং $1' 9''$ হইয়া থাকিলে স্থানীয় অক্ষাংশের মান নির্ণয় করুন।

৬। একটি নক্ষত্রের নতি $67^\circ 24'$ এবং স্থানীয় অক্ষাংশ $=52^\circ 1'$ মেবিডিয়ানকে দুইবার অতিক্রম করিবার সময় উহার অক্ষাংশ যথাক্রমে $75^\circ 25'$ এবং $30^\circ 34'$ হইয়া থাকিলে k -এর মান কত হইবে?

৭। উত্তর অক্ষাংশস্থিত কোন স্থানে একটি নক্ষত্রের দুইবার মেবিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় জেনিথ্ দূরত্ব যদি $20^\circ 33' 44''$ এবং $60^\circ 17' 46''$ হইয়া থাকে তাহা হইলে নক্ষত্রের নতি এবং স্থানীয় অক্ষাংশ নির্ণয় করুন ($k=58''\cdot 2$)।

৮। k -এর একই মান লইয়া এবং একটি নক্ষত্রের মেবিডিয়ান উচ্চতার মান 45° এবং 60° হইতে স্থানীয় অক্ষাংশ এবং নক্ষত্রের নতি নির্ণয় করুন।

৯। Bradley-এর নিয়মে k এর মান নির্ণয় করুন। এই নিয়মের স্মৃতি এবং অস্মৃতি কি তাহা উল্লেখ করুন।

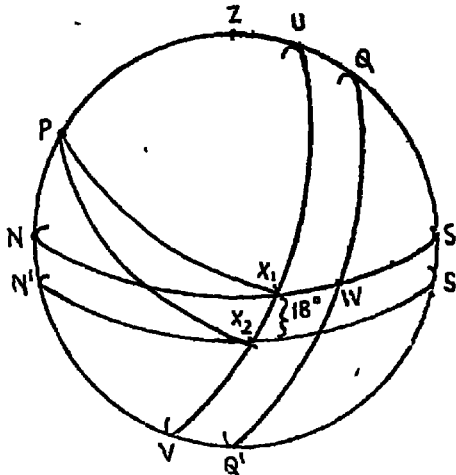
১০। দিগন্ত বেখার নিকটে অবস্থানকালে চন্দ্র-সূর্যের বিকৃত আকৃতির কারণ বিশ্লেষণ করুন।

১১। $k=58''\cdot 2$ লইয়া যে নক্ষত্রের দৃশ্যতঃ জেনিথ্ দূরত্বের cosine $\frac{1}{2}$ তাহার প্রকৃত জেনিথ্ দূরত্ব কত?

১৫.৬. গোখুলি (Twilight) সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫.৬.১. গোখুলি এবং ভোর (Twilight and dawn)

আমরা জানি যে সূর্যোদয়ের পূর্বে এবং সূর্যাস্তের পর কিছুক্ষণের জন্য ভূপৃষ্ঠে অল্প আলো পাওয়া যায়। সকাল বেলায় এই সময়কে আমরা "ভোর" (dawn) এবং সন্ধ্যা ঘনীভূত হওয়ার পূর্বকাল এই সময়কে আমরা "গোখুলি" লগ্ন (Twilight) বলিয়া থাকি। সূর্য হইতে আলো আকাশের বায়ুমণ্ডলে অবস্থিত ধূলিকণা এবং জলকণা হইতে প্রতিফলিত (reflected), প্রতিসরিত (refracted) এবং বিচ্ছত (scattered) অবস্থায় ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হইয়া আধো-আলো আধো আঁধাবের স্রষ্টা করে। জ্যোতির্বিজ্ঞান ভাষায় ইহাকে গোখুলি (Twilight) বলা হয়। লক্ষ্য করিয়া দেখা গিয়াছে যে, সূর্যোদয়ের পূর্বে অথবা সূর্যাস্তের পর যখন সূর্যের কেন্দ্র খাড়াভাবে দিগন্তরেখার 18° নীচে থাকে তখনই Twilight বা গোখুলির আৰম্ভ বা শেষ হয়।



১৫.৬.২. গোখুলির স্থায়ীকাল (duration)

মনে করুন NPZS কোন স্থানের আকাশে মেরিডিয়ান ২৩ এবং NS দিগন্ত দেখা। মনে করুন UX₁X₂V সূর্যের কোন একদিনের

দ্রমণ পথ (diurnal path) এবং X_1 , হইতে X_2 পর্যন্ত পথ আসিতে গোধূলির সময় অভিবাহিত হয়। সূর্য যখন দিগন্ত রেখার 18° নীচে নামিয়া আসে তখন গোধূলি শেষ হয়।

$h_1 = \angle X_1PU$, $h_2 = \angle X_2PU$ ধরিয়া গোধূলি

$$\text{স্থায়ীকাল} = \angle X_1PX_2$$

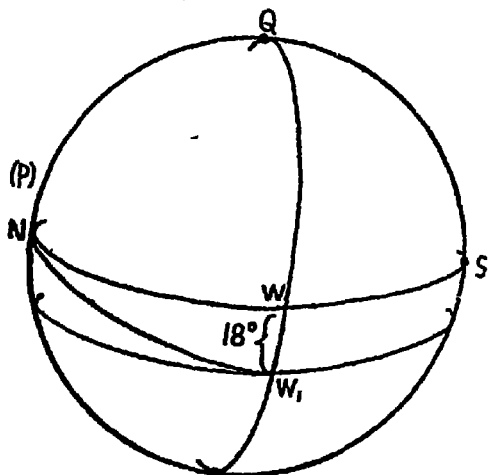
$$= \angle X_2PU - \angle X_1PU$$

$$= h_2 - h_1 = \frac{1}{15} (h_2 - h_1) \text{ ঘণ্টা।}$$

যেহেতু $h_2 - h_1$ -এর মান স্থানীয় অক্ষাংশ এবং সূর্যের 'নতি'-র উপর নির্ভর করিবে।

১৫.৬.৩. বিষুবরেখার উপর যে-কোন স্থানে ($\phi = 0^\circ$) মহাবিষুব ($\delta = 0$) অথবা জল বিষুব ($\delta = 0$) সূর্য অবস্থান কালে গোধূলির স্থায়ীকাল

বিষুবরেখার উপর $\phi = 0$ সূর্য যখন ইকুইনক্সে অবস্থান করে তখন $\delta = 0$, অতএব সূর্যের দৈনিক দ্রমণ পথ দিগন্তবেথাকে লম্বভাবে ছেদ



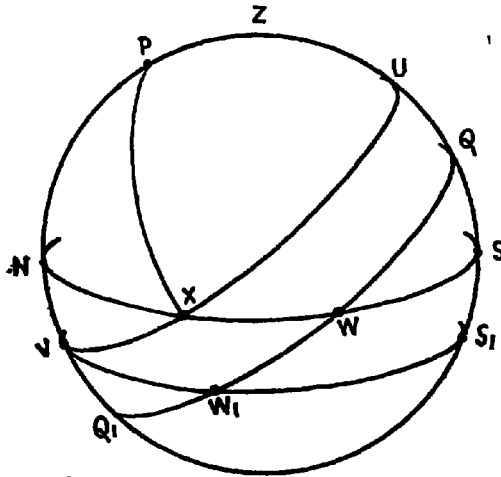
করিবে। মনে করুন সূর্য W হইতে W_1 পর্যন্ত দ্রমণ করিতে যে সময় অভিবাহিত হয় সেই সময় গোধূলি সময়ের সমান। যদি

L N W W₁ কে আমবা ঘণ্টায় পৰিণত কৰি তাহা হইলে আমবা গোধূলিৰ সময় পাইব। কিন্তু সূৰ্য 24 ঘণ্টায় একবাৰ মহাবিশুব বৃত্তকে প্রদক্ষিণ কৰে। অতএব 18° পথ প্রদক্ষিণ কৰিতে ইহাব

$$\frac{24}{360} \times 18^\circ = 1 \text{ ঘণ্টা } 12 \text{ মিনিট সময় লাগিবে।}$$

১৫.৬.৪. সাবাবাজি গোধূলি-কাল স্থায়ী হইবাব শর্ত

মনে কৰুন স্থানীয় অক্ষাংশ এবং δ = সূৰ্য্যৰ নতি। মনে কৰুন N P Z S, N W S এবং Q W Q¹ যথাক্রমে স্থানীয় মেৰিডিয়ান,



দিগন্তবৃত্ত এবং মহাবিশুব বৃত্ত। P. N. W প্রভৃতিৰ স্বকীয় তাৎপৰ্য পূৰ্বেৰ শ্রাৰ গ্রহণ কৰিতে হইবে। দিগন্তবেধা হইতে 18° নীচে এবং ইহাব সমান্তৰাল কৰিয়া V W₁ S₁ বৃত্ত অংকন কৰা হইল। মনে কৰুন U X V সূৰ্য্যৰ ঐ দিনকাৰ ভ্রমণপথ এবং U মধ্যাহ্ন এবং V মধ্যৰাত্ৰিৰ অবস্থান। যেহেতু V বিন্দুটো মেৰিডিয়ান, V W₁ S₁ এবং U X V এব সাধাৰণ বিন্দু, অতএব যদি সাবাবাজি গোধূলি স্থায়ী হয় তাহা হইলে গোধূলি শেষ হইবাব সাথে সাথেই ভোৰ আৰম্ভ হওবা প্রযোজন। অতৰাং মধ্যৰাত্ৰিতে সূৰ্য্যৰ অবস্থান V বিন্দু অথবা উহাব

উপরে হওয়া প্রযোজন। অতএব সাবাবাজি গোখুলি স্বান্নিহেব জন্ম
 $N V \leq 18^\circ$

অথবা, $P V - P N \geq 18^\circ$

অথবা, $90^\circ - \delta - \varphi \leq 18^\circ$

অথবা, $72^\circ \leq \delta + \varphi$.

১৫.৬.৫. গোখুলি সারারাজি স্বান্নী হইবার সর্বান্নিহেব স্থানীয় অক্ষাংশ
 আমবা পূর্ববর্তী অনুচ্ছেদে দেখিযাহি যে সারারাজি গোখুলি স্বান্নী
 থাকিতে হইলে $\phi + \delta \geq 72^\circ$

শর্তটি পালিত হওয়া প্রযোজন। এখন উক্তব গোলাৰ্ধে সূর্যের নতি
 δ -এব সর্বাধিক মান $= 23^\circ 27'$ অতএব

$$\phi \geq 72^\circ - 23^\circ 27',$$

$$\text{অথবা } \phi \geq 48^\circ 33',$$

হইলে ঐ স্থানে জুন মাসের ২২ তারিখে সাবাবাজি গোখুলি স্বান্নী হইবে।

যেখানকার স্থানীয় অক্ষাংশ $48^\circ 33'$ -এর অধিক সেই সমস্ত স্থানে
 কয়েক ব্যক্তি ধবিষা গোখুলী সারারাজি স্বান্নী থাকিবে। অর্থাৎ স্থানীয়
 অক্ষাংশ $\phi > 48^\circ 33'$ হইলে, যেদিন সূর্যের নতি $72^\circ - \phi$ হইবে সেই
 দিন হইতে আবহ কবিষা পুনরায় সূর্যের নতি $72^\circ - \phi$ না হওয়া পর্যন্ত
 গোখুলি সাবাবাজি স্বান্নী থাকিবে।

১৫.৬.৬. গোলক ত্রিকোণমিতির (Spherical Trigonometry)

সাহায্য বৎসরের যে-কোন দিনে ϕ -স্থানীয় অক্ষাংশে

গোখুলির স্বান্নী কাল নির্ণয় করা যায়

মনে করুন যে-কোন দিনে সূর্যের নতি $= \delta$. মনে করুন $Z X_1$ এবং
 $Z X_2$ যথাক্রমে ভোর আরস্ত এবং শেষ হইবার সময়ে জ্যোতিষ দূরত্ব।

$$\text{ভোরের স্বান্নীকাল} = \frac{\angle X_1 P X_2}{15} \text{ ঘণ্টা।}$$

এখন গোলকের উপর অঙ্কিত ত্রিভুজ $Z P X_1$ -এর

$$PZ = 90^\circ - \phi, \quad PX_1 = 90^\circ - \delta.$$

$$\text{এবং } Z X_1 = 90^\circ + 18^\circ$$

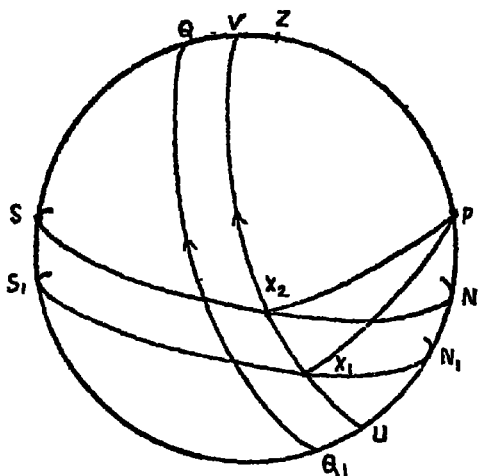
$$\angle Z P X_1 = h_1$$

অতএব $\cos(90^\circ + 18^\circ) = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos h_1$ (১)

তেমনি ত্রিভুজ ZPX_2 হইতে $PZ = 90^\circ - \phi$, $PX_2 = 90^\circ - \delta$,

$$ZX_2 = 90^\circ \quad \angle ZPX_2 = h_2$$

অতএব $\cos 90^\circ = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos h_2$ (২)



(১) হইতে আমবা পাই

$$\cos h_1 = \frac{-\sin 18^\circ - \sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta}$$

এবং (২) হইতে আমবা পাই

$$\cos h_2 = -\tan \phi \tan \delta$$

$$\text{অতএব } h_1 - h_2 = \cos^{-1} \left[-\frac{\sin 18^\circ + \sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta} \right]$$

$$- \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta).$$

সুতরাং ভোব বেলাব স্থায়ীকাল

$$= \frac{1}{15} (h_1 - h_2) = \frac{1}{15} \left\{ \cos^{-1} \left[-\frac{\sin 18^\circ + \sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta} \right] \right.$$

$$\left. - \cos^{-1}[-\tan \phi \tan \delta] \right\}$$

বিশুব অঞ্চলে $\phi = 0$

অতএব $h_1 = \cos^{-1} \left(-\frac{\sin 18^\circ}{\cos \delta} \right)$ এবং

$$h_2 = \cos^{-1}(0) = 90^\circ$$

যখন $\delta = 0^\circ$ তখন $h_1 = 108^\circ$

$$\therefore h_1 - h_2 = 18^\circ$$

অতএব স্থায়ীকাল = $\frac{18}{15}$ ঘণ্টা = 1 ঘণ্টা 12 মিনিট। মেক বিন্দুতে

$\phi = 90^\circ$ এবং বিশুব বৃত্ত দিগন্তের সহিত মিশিয়া যায় এবং সূর্যের দৈনিক পথ দিগন্তের সহিত সমান্তরাল হইরা থাকে এবং সূর্য 'ছয়মাস দিগন্তবেখার উপরে এবং ৬ মাস দিগন্তবেখার নীচে থাকে। এই অঞ্চলে গোখুলি প্রায় $4\frac{1}{2}$ মাসকাল স্থায়ী হব। অতএব প্রকৃত ব্যক্তি প্রায় $1\frac{1}{2}$ মাস কাল স্থায়ী থাকে।

উদাহরণ ১৬। কোন একদিনে সূর্যের নতি পরিমাণ $+15^\circ$, যদি গোখুলি সাবাবাজি স্থায়ী থাকে তাহা হইলে সর্ব নিম্ন স্থানীয় অক্ষাংশ নির্ণয় করুন।

এখানে মনে করুন স্থানীয় অক্ষাংশ $= \phi$

গোখুলি সাবাবাজি স্থায়ী হইতে হইলে

$$\phi + \delta \geq 72^\circ$$

$$\text{সর্ব নিম্ন অক্ষাংশ} = \phi = 72 - \delta = 72^\circ - 15^\circ = 57^\circ.$$

প্রশ্নমালা-১৪

১। $54^\circ 0'$ উঃ অক্ষাংশস্থিত কোন স্থানের সূর্যের কত নিম্ন নতিতে গোখুলি সাবাবাজি স্থায়ী হইবে?

২। সূর্যের নতি $15^\circ 16'$ হইলে সর্ব নিম্ন স্থানীয় অক্ষাংশে গোখুলি সাবাবাজি স্থায়ী হইবে?

৩। মস্কো, কাভিক হেলসিকি প্রভৃতি স্থানের স্থানীয় অক্ষাংশ যথাক্রমে $55^{\circ}40'N$, $51^{\circ}N$, $60^{\circ}20'N$ হইলে সূর্যের সর্বনিম্ন কত “নতিতে” গোখুলি সাবাবাজি স্থায়ী হইবে?

৪। কোন্ কোন্ স্থানে সূর্যের 18° এবং 10° নতিতে গোখুলি ঠিক 12 ঘণ্টাকাল স্থায়ী হইবে?

৫। “গোখুলি” সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত একটি বিবরণ লিখ। কেন গোখুলিৰ স্থায়ীকাল বৎসবের বিভিন্ন সময়ে পৰিবৰ্ত্তন হয়? সৰ্বনিম্ন কোন্ স্থানীয় অক্ষাংশে গোখুলি সাবাবাজি স্থায়ী হইবে?

৬। “গোখুলি” কি কাৰণে সংঘটিত হয়? Paris ($\phi=48^{\circ}50'$) শহৰে কি কখনও গোখুলি সাবাবাজি স্থায়ী হইবে? কাৰণ বৰ্ণনা কৰিয়া উত্তৰ দিন। প্ৰমাণ কৰন যে গোখুলিৰ স্থায়ীকাল স্থানীয় অক্ষাংশ ϕ এবং সূৰ্যের নতিৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে।

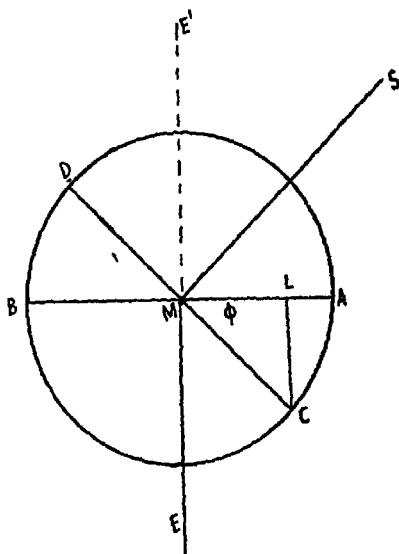
৭। একই স্থানে বৎসবের বিভিন্ন সময়ে কেন গোখুলিৰ স্থায়ী কালের তাৰতম্য ঘটে? ঢাকা শহৰে কি গোখুলি-সাবাবাজি বিবাজ কবিতো পাবে? কাৰণ দৰ্শাইয়া উত্তৰ লিখুন।

১৫৭. চন্দ্ৰ সম্বন্ধে আরও কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫৭১ কৌণিক ব্যবধান (Elongation)

পৃথিবী হইতে চন্দ্ৰ এবং সূর্যের মধ্যে যে কৌণিক ব্যবধান দেখা যায় তাহাকে Elongation বলে। চন্দ্ৰ এবং সূর্যের পৰস্পৰ আপেক্ষিক অবস্থানের জন্য Elongation-এৰ পৰিমাণ ক্ৰমশঃ বৃদ্ধি পায় বা হ্রাস পায়। ইহাৰ ফলে চন্দ্ৰেৰ “কলা বৃদ্ধি” (phase) পৰিলক্ষিত হয়। সূর্যের আলো চন্দ্ৰেৰ উপৰ পতিত হওবার ফলে সৰ্বদাই চন্দ্ৰেৰ অৰ্ধেক অংশ আলোকিত থাকে। কিন্তু আমবা পৃথিবী হইতে এই আলোকিত অংশেৰ সবটুকু দেখিতে পাই না। যেটুকু আমবা দেখি সেটুকুৰ পৰিমাণ চন্দ্ৰেৰ Elongation-এৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে।

মনে করুন M চন্দ্রের কেন্দ্র MS সূর্যের দিকে অঙ্কিত সরলরেখা।
 $E'ME$ পৃথিবীর দিকে অঙ্কিত সরলরেখা। মনে করুন $A M B$ ।
 $E'E$ -এর উপর এবং CD, MS এর উপর অঙ্কিত লম্ব বৃত্ত।



AMB কক্ষের কতিপ অংশ ACB পৃথিবীর দিকে এবং CMD কক্ষের কতিপ অংশ সূর্যের দিকে অবস্থিত। অতএব আলোকিত অংশটুকু AC আমরা পৃথিবী হইতে দেখিতে পাইব। এখন

$$\angle AMC = \angle E'MS = 180^\circ - \angle EMS$$

$$\text{সুতরাং } \phi = 180^\circ - \text{Elongation.}$$

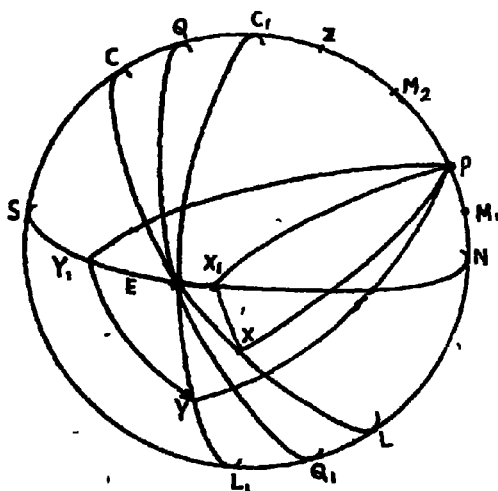
এখন আমরা চন্দ্র-পৃষ্ঠের যে অংশটুকু আলোকিত দেখিব তাহাব পরিমাণ AL সুতরাং

$$AL = AM - LM = r(1 - \cos \angle AMC)$$

$$\therefore AL = r(1 - \cos \phi)$$

১৫.৭.২ হারভেস্ট মুন (Harvest moon)

চন্দ্র প্রতিদিনে প্রায় ৫০.৪৭ মিনিট পর উদয় হয় এবং অস্ত, বায়। চন্দ্রেব এই ধীর গতি (Retardation) স্থানীয় অক্ষাংশ এবং চন্দ্রেব নতি (declination)-এব উপর নির্ভর করে। চন্দ্রেব সর্বাধিক নতিব পরিমাণ $28^{\circ}36'$ হওয়ায় সর্ব নিম্ন $61^{\circ}24'$ অক্ষাংশে চন্দ্র জ্বব নক্ষত্র বেটেনকাবী জ্যোতিষ্কেব অবস্থা ধারণ করে। সেপ্টেম্বর মাসের ২৩ তারিখেব (autumnal equinox) কাছাকাছি সময় বে পূর্ণিমা পাওয়া যায় (full moon) তাহাকে Harvest moon বলে। উক্তব গোলার্ধে এই সময় চন্দ্রেব “ধীর গতি” (Retardation)-এব পরিমাণ কম হয় অর্থাৎ পূর্ণিমাব পব পব কয়েক রাত্রি ধবিয়া চন্দ্র অপেক্ষাকৃত ভাড়া-ভাড়ি উদয় হয় এবং নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলে এই সময় কুমকেনা কয়েক-বারি ধাবৎ মাঠে কাজ কবিতে পারে। সূর্য যখন autumn equinox-এ থাকে তখন পূর্ণিমাব বারিত্তে চন্দ্র vernal equinox-এ অবস্থান করে এবং সূর্যাস্তের সময় পূর্ব বিন্দুতে উদয় হয়।



মনে ককন এল্লিপটিকে চন্দ্রেব কক্ষপথ কল্পনা কবিলাম। দিগন্ত-রেখাব সহিত এল্লিপটিকের কৌণিক ব্যবধান $90^{\circ}-\phi-23^{\circ}27'$ হইতে

$90^\circ + \phi + 23^\circ 27'$ পর্যন্ত হইতে পারে। যখন γ (vernal equinox) পূর্ববিন্দু E-তে উদয় হয় তখন এই কৌণিক ব্যবধান সর্বাপেক্ষা কম। আন্বিকগতির ফলে 24 ঘণ্টা পরে γ আবার E বিন্দুতে ফিরিয়া আসে কিন্তু চন্দ্র $50.47'$ মিনিট পবে উদয় হয়। অতএব এই সময় চন্দ্র X বিন্দুতে অবস্থান করিবে, যেন $E X = \frac{50.47}{4}$ (ডিগ্রী)। মনে করুন Q E Q'-এর সমান্তরাল করিয়া $X X_1$ অঙ্কন করা হইল। তাহা হইলে পূর্ণিমা-ব পরদিন সন্ধ্যায় চন্দ্র X_1 বিন্দুতে উদয় হইবে এবং এই অবস্থানে পূর্বদিন অপেক্ষা $\frac{L X P X_1}{15}$ ঘণ্টা পরে চন্দ্রোদয় হইবে।

আবার, যদি সূর্য γ বিন্দুতে থাকিবাব সময় পূর্ণিমা হয় তাহা হইলে পূর্ণিমা-ব পরদিন $\frac{L Y P Y_1}{15}$ ঘণ্টা পবে চন্দ্রোদয় হইবে।

এখানে $\frac{L Y P Y_1}{15} > \frac{L X P X_1}{15}$ হওয়ায় পূর্ববর্তী অবস্থান চন্দ্রোদয় দ্রুততর হইবে।

এখন চন্দ্রের কক্ষপথকে এক্সিপটিকের বরাবর না ধরিলে, যদি আপন কক্ষপথের সহিত এক্সিপটিকের ছেদ বিন্দু হইতে উপরের দিকে চলিবাব সময় পূর্ণিমা-ব সময় হয় তাহা হইলে চন্দ্রের কক্ষপথ দিগন্তবোখাব আবও নিকটে থাকিবে এবং $\frac{L X P X_1}{15}$ এর মান আবও কম হইবে।

১৫.৮. চন্দ্রগ্রহণ এবং সূর্যগ্রহণ সম্বন্ধে আরও কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫.৮.১. কখন চন্দ্রগ্রহণ ঘটিয়া থাকে?

মনে করুন S এবং E যথাক্রমে সূর্য এবং পৃথিবীর কেন্দ্র, M, চন্দ্রের কেন্দ্র এবং চন্দ্রের পবিসীমাব উচ্চতম অংশ B T বোখাব সহিত কেবলমাত্র স্পর্শ করিয়াছে। এই সময় চন্দ্র পৃথিবীর ঘন ছায়া (Umbra) প্রবেশ করিতেছে এবং চন্দ্রগ্রহণ আরম্ভ হইতেছে।

$$\begin{aligned} \text{এখন } \angle TEU &= \angle ETB - \angle EOB \\ &= \angle ETB - \angle SEB + \angle EBT. \end{aligned}$$

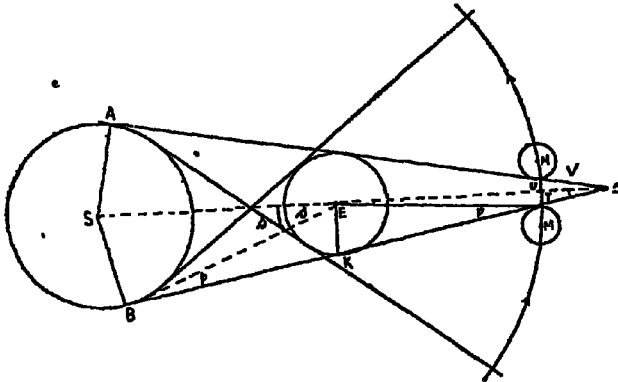
$$\text{কিন্তু } \angle ETB = \text{চন্দ্রের উদয়কালীন দ্রাঘি} = p$$

$$\angle EBT = \text{সূর্যের উদয়কালীন দ্রাঘি} = P$$

$$\text{এবং } \angle SEB = \text{সূর্যের কৌণিক ব্যাসার্ধ} = S$$

$$\therefore \angle TEU = p + P - S$$

$$\text{অথবা } \alpha = p + P - S, \alpha = \angle TEU \quad (১)$$



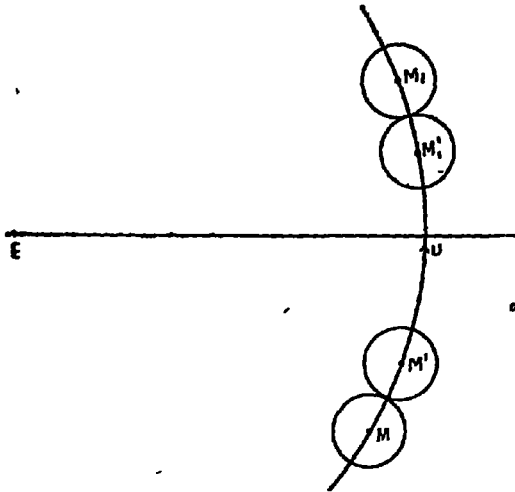
যখন চন্দ্রের পবিসীমার উচ্চতম অংশ T বিন্দুতে স্পর্শ কবে তখন হইতে চন্দ্রগ্রহণ আবৃত্ত হয়, কেননা এই সময় চন্দ্র পৃথিবীর ঘনছায়া কোণেব (Umbra) ভিতর প্রবেশ করিতেছে। এই সময় $\angle MEU = \angle MET + \angle TEU$; কিন্তু $\angle MET = \text{চন্দ্রের কৌণিক ব্যাসার্ধ} = m$ অতএব

$$\angle MEU = \alpha + m = p + P - S + m \quad (২)$$

পূর্ণভাবে চন্দ্রগ্রহণ হইবার সময় চন্দ্রের কেন্দ্র M' বিন্দুতে আসে (নিম্নেব চিত্র দেখুন)। ঘনছায়া কোণের অক্ষরেখা (axis) হইতে M' এব কৌণিক দূরত্ব $\angle M'EU$ এবং

$$\begin{aligned} \angle M'EU &= \angle TEU - \angle TEM' = \alpha - m \\ &= p + P - S - m \end{aligned} \quad (৩)$$

যখন চন্দ্রেব কেন্দ্র M_1' বিন্দুতে আসে তখন পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণ শেষ হইতে থাকে। এই সময় M_1' -এব কৌণিক দূরত্ব $p+P-S-m$ অবশেষে



আংশিক চন্দ্রগ্রহণ শেষ হইবার কালে চন্দ্রেব কেন্দ্র M_1 -এব অবস্থানে আসে এবং তখন M_1 -এর কৌণিক দূরত্ব $\angle M_1EU = p+P-S+m$ স্রুতবাং উপরেব আলোচনা হইতে দেখা যাইতেছে যে পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণ স্বাবী হইতে চন্দ্রেব কেন্দ্র মোট $2(p+P-S-m)$ কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম কবে এবং আংশিক চন্দ্রগ্রহণের স্বাবিষকালে কেন্দ্রবিন্দু $2(p+P-S+m)$ কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম কবে।

উদাহরণ ১৭। $p=57^{\circ}2'7''$, $P=8^{\circ}79'$, $S=16^{\circ}1'$, $m=15^{\circ}34'$
এবং চন্দ্রেব সাইনডিক পিবিষড (চান্দ্রমাস) = ২৯ ৫৩ দিন হইতে পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণের স্বাবিষকাল নির্ণয় ককন।

$$p+P-S = (57^{\circ}2'7'' + 8^{\circ}79' - 16^{\circ}1') = 41^{\circ}10'49''$$

$$p+P-S-m = 41^{\circ}10'49'' - 15^{\circ}84'$$

$$= 25^{\circ}36'49''$$

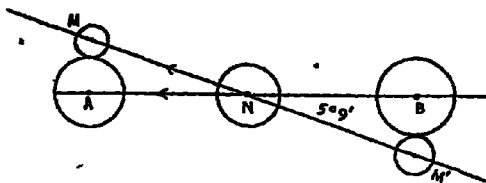
$$\therefore 2(p+P-S-m) = 51^{\circ}12'98''$$

$$\text{চন্দ্রের প্রতি ঘণ্টার গতি} = \frac{360^\circ}{29.53 \times 24} = 30' 5''$$

$$\text{চন্দ্রগ্রহণের স্থায়ীকাল} = \frac{51' 12'' 98}{30' 05''} = 1 \text{ ঘ } 44 \text{ মি (প্রায়)}$$

১৫৮২ চন্দ্রের কক্ষপথের সীমা (lunar ecliptic limit)

চন্দ্রের কক্ষপথ পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত প্রায় $5^\circ 9'$ কোণে অবস্থান করে। চন্দ্রের কক্ষতল (plane of lunar orbit) পৃথিবীর কক্ষতলের সহিত একটি সর্বলম্বরেখা ছেদ করে। এই সর্বলম্বরেখা পৃথিবীর কক্ষপথকে যে দুইটি বিন্দুতে ছেদ করে সেই দুই বিন্দুকে ছেদ-বিন্দু (nodes) বা নোডাল বিন্দু বলে। যখন কোন পূর্ণিমা-সময় চন্দ্র একটি ছেদ-বিন্দুর অবস্থান, অতিক্রম করিবার সময় চন্দ্রগ্রহণ ঘটে তখন সূর্য হইতে এক্ষিপটিকেব উপর অথবা ছেদ-বিন্দু বা নোডাল বিন্দুর বৃহত্তম দূরত্বকে lunar ecliptic limit বা চন্দ্রের কক্ষপথের সীমা বলে। এই সীমার মান চন্দ্রের ভূ-কেন্দ্র হইতে দূরত্ব এবং চন্দ্রের কক্ষতলের নতি (inclination)-এর উপর নির্ভর করে।

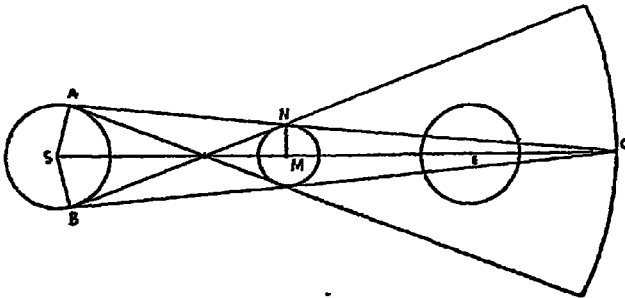


মনে করুন যে NM চন্দ্রের কক্ষপথ এবং NA ইহার এক্ষিপটিক। মনে করুন পৃথিবীর ঘনছায়া (umbra) অঞ্চলের কেন্দ্র A এবং চন্দ্র যখন ঘনছায়ায় স্পর্শ করে তখন ইহার কেন্দ্র M এই সময় আংশিক চন্দ্রগ্রহণ আবৃত হইলে M-এর মহাকাংশ $AM = p + P - S + m$ -এর সমান হইবে। গোলকের উপর অঙ্কিত ত্রিভুজ ANM হইতে আমরা NA এর দূরত্ব পাইতে পারি। যেহেতু চন্দ্রের কক্ষপথের নতি এবং AM-এর মান হ্রাস-বৃদ্ধি পায়। অতএব NA-এর মানেরও হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে।

থাকে। আবার এই সমব সূর্যের কেন্দ্রে A-এর বিপরীত দিকে এক্লিপ-টিকের উপর অবস্থিত। অতএব অপব নোডাল বিন্দু হইতে সূর্য-কেন্দ্রের দূরত্ব NA-এব সমান। সম্ভাব্য চন্দ্রগ্রহণের সময় NA-এর মান অর্থাৎ সূর্য হইতে নিকটবর্তী নোডাল বিন্দুর দূরত্ব একটি বৃহত্তম মান (major ecliptic limit) এবং একটি ক্ষুদ্রতম মান (minor ecliptic limit)-এব, মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। অতএব যদি কোন পূর্ণিমার সময় নিকটতম নোডাল বিন্দু হইতে সূর্যের দূরত্ব উপবিন্ধিত বৃহত্তম মান অপেক্ষা অধিক হয় তাহা হইলে চন্দ্রগ্রহণ সম্ভব নহে। বৃহত্তম এবং নিম্নতম মানের পৰিমাণ বথাক্রমে $12^{\circ}15'$ এবং $9^{\circ}30'$ বলিয়া জানা গিয়াছে।

১৫৮.৩. চন্দ্রের ছায়া কোণ (shadow cone)-এর অক্ষরেখার দৈর্ঘ্য (axis length)

নতুন ককন S, M, E বথাক্রমে সূর্য, চন্দ্র এবং পৃথিবীর কেন্দ্রে এবং ইহাবা একই সরলরেখায় অবস্থিত। এমন অবস্থা অমাবস্তাব (new moon) সময় চন্দ্র যখন নোডাল বিন্দুতে থাকে তখন সম্ভব হয়।



অনুরূপ ত্রিভুজদ্বয় (similar triangles) ONM এবং OAS হইতে আমরা পাই

$$\frac{OM}{OS} = \frac{MN}{SA} \quad \text{অথবা} \quad \frac{OM}{OM+MS} = \frac{r'}{R}$$

(r' =চন্দ্রের ব্যাসার্ধ, R =সূর্যের ব্যাসার্ধ)।

$$\text{অথবা } OM (R - r') = MS r'$$

$$\text{অথবা } OM = \frac{r'}{R - r'} MS$$

$$\text{কিন্তু } R = 432,000 \text{ মাইল, } r' = 1080 \text{ মাইল}$$

$$ES = 3005,000 \text{ মাইল, } EM = 238,857 \text{ মাইল}$$

$$\therefore MS = ES - EM = 92,766,143 \text{ মাইল}$$

$$\text{অতএব } OM = \frac{1080}{432,000 - 1080} \times 92,766,143 \text{ মাইল}$$

$$= 232,496 \text{ মাইল (প্রায়)}$$

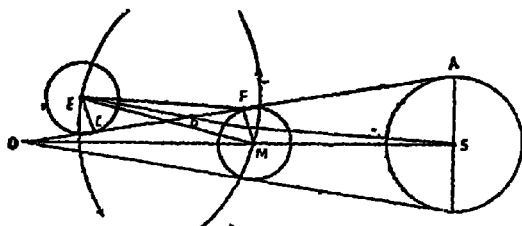
যেহেতু পৃথিবী এবং চন্দ্রের কক্ষপথ সম্পূর্ণ বৃত্তাকার নহে, ES এবং EM-এর মান ঞ্চক (const) নহে। অতএব MS-এর মানও হ্রাস বা বৃদ্ধি পাবে। OM-এর মান 228,600 মাইল এবং 236,400 মাইলের সীমার মধ্যে থাকে। যেহেতু পৃথিবীর ব্যাসার্ধ প্রায় 3960 মাইল, অতএব যদি EM-এর মান (OM + 3960) মাইলের চেয়ে অল্প হয়, তাহা হইলে সূর্যগ্রহণ সম্ভব হইবে অর্থাৎ যদি

$EM < 228,600 + 3960 = 232,560$ মাইল হয়, তাহা হইলে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ (total solar eclipse) ঘটবে। পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব 252,710 এবং 225,463 মাইলের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। অতএব যদি চন্দ্র ন্যূনতম দূরত্বে অবস্থান করিবার সময় অগাধা ঘটে তাহা হইলে সূর্যগ্রহণ ঘটবেই। কিন্তু চন্দ্রের কক্ষপথের হেলান অদৃশ্য বা নতিব জন সূর্যগ্রহণ সম্ভব হইতে হইলে চন্দ্রকে অগাধার সময় নোডাল বিন্দুতে বা ইহার অতি নিকটে অবস্থান করিতে হইবে।

১৫ চ.৪. সূর্যগ্রহণের শর্তাবলী

(ক) পূর্ণ (total) সূর্যগ্রহণঃ মনে করুন C বিন্দুতে পৃথিবী চন্দ্রের ছায়া কোণে প্রবেশ করিতে আবন্ত করিবারে। C বিন্দুতে অবস্থানকারী পর্যবেক্ষক লক্ষ্য করিবেন যে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ আবন্ত হইতেছে। মনে

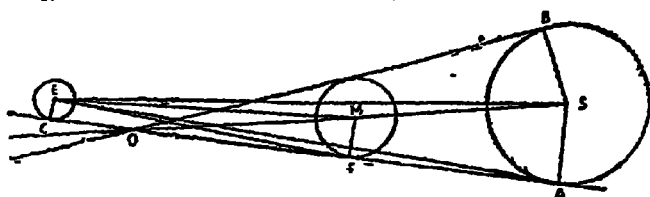
ককন A, F যথাক্রমে সূর্য এবং চন্দ্রের সাধারণ স্পর্শকের স্পর্শ বিন্দু। SM, EM এবং ES যোগ ককন। চন্দ্র এবং সূর্যের কেন্দ্র যোগকারী



সরলরেখা E বিন্দুতে $\angle SEM$ কোণ উৎপন্ন করিয়াছে।

$$\begin{aligned}
 \text{এখন} \quad \angle SEM &= \angle FEM - \angle SEF \\
 &= m - \angle EDC + \angle EFC \\
 &= m - \angle EAC - \angle AES + \angle EFC \\
 &= m - P - S + p. \\
 \therefore \angle SEM &= p - P + m - S. \quad (৪)
 \end{aligned}$$

(খ) 'annular' সূর্যগ্রহণঃ মনে ককন C বিন্দুতে পৃথিবী চন্দ্রের বধিত ছায়া কোণে প্রবেশ করিতেছে। C বিন্দুতে অবস্থানকারী পর্যবেক্ষক কেবল নিকট annular সূর্যগ্রহণ আবল্ল হইতেছে। এই মুহুর্তে MS বেখা E বিন্দুতে যে কোণ উৎপন্ন কবে তাহাব পরিমাণ $\angle SEM$ AS,



FM, CE, EA, EM, ES এবং EF-কে যোগ কবিয়া আমরা পাই

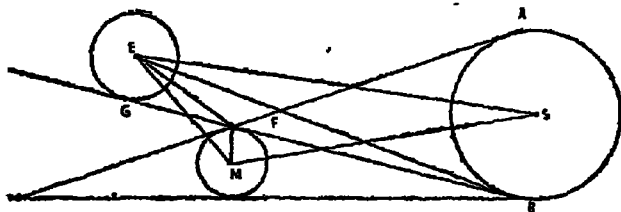
$$\begin{aligned}
 \angle SEM &= \angle AES - \angle AEM \\
 &= S - \angle FEM + \angle FEA \\
 &= S - m + \angle EFC - \angle EAC \\
 &= S - m + p - P.
 \end{aligned}$$

$$\text{অতঃপর } \angle SEM = p - P - m + S$$

(৫)

(গ) আংশিক সূর্যগ্রহণ (partial solar eclipse)

মনে ককন পৃথিবী G বিন্দুতে চন্দ্রের আবছাষা (penumbra) কোণের সহিত স্পর্শ করিবার্থে। S, E, M যথাক্রমে সূর্য, পৃথিবী এবং



চন্দ্রের কেন্দ্র। এই অবস্থায় G বিন্দু হইতে আংশিক সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে। EB, EF, EM, EG, MF, SM এবং SB যুক্ত করুন।

$$\begin{aligned} \text{এখন, } \angle SEM &= \angle SEF + \angle FEM \\ &= \angle SEB + \angle BEF + m \\ &= S + m + \angle EFG - \angle EBG \\ &= S + m + p - P \end{aligned}$$

$$\therefore \angle SEM = p - P + m + S. \quad (৬)$$

অতএব আমরা উপরের আলোচনা হইতে দেখিতেছি যে, অমাবস্তার সময় সূর্যগ্রহণ সম্ভব হইবে তখন যখন

(১) চন্দ্র কোন একটি নোডাল বিন্দুতে অথবা ইহার নিকটে আসিবে ;

(২) চন্দ্র এবং সূর্যের কেন্দ্রযোগ্যকারী সরলরেখা পৃথিবীর কেন্দ্রে যে কোণ উৎপন্ন করিবে তাহার পরিমাণ $p - P + m - S$ অথবা $p - P - m + S$ অথবা $p - P + m + S$ হইতে হইবে।

এখন $p = 57'27''$, $P = 8'79''$, $m = 15'34''$, $S = 16'1''$ ধরিয়া আমরা পাই

(i) $p - P + m - S = 56'27''$ (পূর্ণ সূর্যগ্রহণ)।

(ii) $p - P - m + S = 57'21''$ (annular সূর্যগ্রহণ)

(iii) $p - P + m + S = 88'29''$ (আংশিক সূর্যগ্রহণ)

১৫.৮.৫. চন্দ্রের নোডাল বিন্দুগুলির এক্সিপটিকের উপর আবর্তন

চন্দ্রের নোডাল বিন্দুদ্বয় প্রতি বৎসর এক্সিপটিক বা পৃথিবীর কক্ষ-পার্শ্ব উপর প্রতি বৎসবে প্রায় $19^{\circ}21'$ করিয়া উর্দ্ধাদিকে (পিছনে) সরিয়া আসে। অতএব প্রতি বৎসরে সূর্য নোডাল বিন্দুদ্বয় হইতে মোট $(360^{\circ} + 19^{\circ}21')$ অথবা $379^{\circ}21'$ দূরে সন্নিবিষ্ট থাকে। অতএব একটি নোডাল বিন্দু হইতে 360° দূরে সরিয়া যাইতে সূর্যের মোট $\frac{365\frac{1}{4}}{379^{\circ}21'} \times 360^{\circ}$ অথবা 346.62 দিগ প্রযোজন হয়। এই সময়কে চন্দ্রের নোডাল বিন্দুর সাইনডিক বৎসব বলে। এক চান্দ্র মাসে (29.53 দিন) সূর্য, নোডাল বিন্দু হইতে $\frac{360^{\circ}}{346.62} \times 29.53 = 30^{\circ}40'$ দূরে যায়।

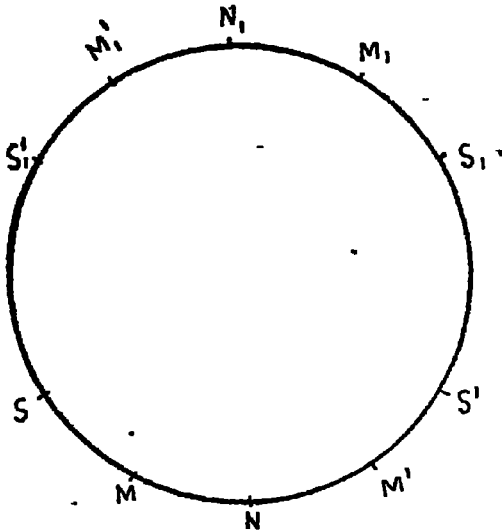
১৫.৮.৬. চন্দ্রগ্রহণ এবং সূর্যগ্রহণের সংখ্যা (এক বৎসবে)

চন্দ্রগ্রহণের এক্সিপটিকেব সীমা $12^{\circ}15'$ হইতে $9^{\circ}30'$ মিনিটেব মধ্যে অবস্থিত। তেমনি দেখানো যায় যে সূর্যগ্রহণেব এক্সিপটিকেব সীমা $18^{\circ}30'$ এবং $15^{\circ}21'$ মিনিটেব মধ্যে অবস্থিত।

মনে কখন যে এক্সিপটিকেব উপর N এবং N_1 দুইটি নোডাল বিন্দু SN, NS', S_1N_1, N_1S_1' সূর্যগ্রহণেব এক্সিপটিকেব সীমা এবং $MN', NM', M_1N_1, N_1M_1'$ চন্দ্রগ্রহণেব এক্সিপটিক সীমা। যেহেতু সূর্যগ্রহণের এক্সিপটিক সীমাব সর্বাধিক মান $18^{\circ}30'$, অতএব $SS' = 2 \times 18^{\circ}30' = 37^{\circ} = S_1S_1'$

এখন এক চান্দ্রমাসে (1 lunation = 29.53 দিন) সূর্য, নোডাল বিন্দু হইতে প্রায় $30^{\circ}40'$ মিনিট দূরে সরিয়া যায়। এই গতিব পরিমাণ 37° অপেক্ষা কম বলিয়া সূর্য SS' এলাকাব মধ্যে অবস্থান করিবার সময় একবার অমাবস্তা (new moon) ঘটিবেই। ইহা ছাড়া সুবিধাজনক অবস্থায় দুইটি অমাবস্তা ঘটিতে পারে। ইহাব অর্থ এই যে সূর্য একটি নোডাল বিন্দুব নিকটবর্তী এলাকায় অবস্থান করিবার সময় অন্ততঃ একবার (কখনও কখনও দুইবার) সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে।

আবার যেহেতু চন্দ্রগ্রহণের এক্সিগটিক সীমার সর্বাধিক মান $12^{\circ}15'$ এবং $MM' = 2 \times 12^{\circ}15' = 24^{\circ}30' = M_1M_1'$ এবং এই মান $30^{\circ}40'$



হইতে কম, অতএব সূর্যের MM' এলাকার মধ্যে অবস্থান করিবার সময় এক চান্দ্রমাসে একবার মাত্র পূর্ণিমা ঘটিতে পারে এবং এই সময় আমবা চন্দ্রগ্রহণ নাও দেখিতে পাবি।

এখন মনে করুন যে কোন সময় সূর্য S' উপর অবস্থিত হইল এবং তখন অমাবস্তার সময় সূর্যগ্রহণ দেখা গেল। এই সময়ের 14.765 দিন (অর্ধ চান্দ্রমাস) পর পূর্ণিমার সময় সূর্য N বিন্দুর নিকটে আসিবে এবং আমবা চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব। আরও 14.765 দিন পর অর্থাৎ প্রথম সূর্যগ্রহণের এক চান্দ্রমাস পর সূর্য $30^{\circ}40'$ সন্নিহা যাইবে এবং তখনও সূর্য SS' -এর মধ্যে অবস্থানকালীন অমাবস্তা ঘটিবে। অতএব এই সময় আবার আমবা সূর্যগ্রহণ দেখিতে পাইব। এইভাবে প্রথম সূর্যগ্রহণের 6 চান্দ্রমাস অর্থাৎ $6 \times 29.53 = 177.18$ দিন পর সূর্য $6 \times 30^{\circ}40' = 184^{\circ}$ ডিগ্রী নোডাল বিন্দু হইতে সন্নিহা যাইবে এবং এই সময় সূর্য S_1S_1' -এর মধ্যে আসিয়া পড়িবে। কিন্তু M_1 হইতে

দূবে রহিবে। আবার এই সময় অমাবস্তা বলিয়া আমবা তৃতীয় সূর্য গ্রহণ দেখিতে পাইব। এবপর $6\frac{1}{2}$ চান্দ্রমাস পর সূর্য N_1 বিন্দু নিকটে M_1M_1' সীমার মধ্যে আসিবা পড়িবে এবং এই সময় পূর্ণিমা বিধায় আমবা দ্বিতীয় চন্দ্রগ্রহণ দেখিব। তাবপর 7 চান্দ্রমাস পর অমাবস্তার সময় সূর্য S_1' -এব নিকটে আসিবে এবং আমরা চতুর্থ সূর্য-গ্রহণ দেখিতে পাইব।

ইহাব এক চান্দ্রবৎসব অর্থাৎ $12 \times 29.53 = 354.36$ দিন পর সূর্য মোট $12 \times 30^\circ 40' = 368^\circ$ সরিষা S হইতে প্রায় 8° দূবে সরিষা বাইবে। এখন চন্দ্রের অমাবস্তার সময় সূর্য আবার SS' সীমার মধ্যে আসিবা পড়িবে। অতএব আমবা পঞ্চম সূর্যগ্রহণ দেখিতে পাইব।

$12\frac{1}{2}$ চান্দ্রমাস পর অর্থাৎ $12\frac{1}{2} \times 29.53 = 369.125$ দিন পর পূর্ণিমার সময় সূর্য MM' সীমার মধ্যে আসিবা পড়িবে এবং আমবা তৃতীয় চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব। কিন্তু এই চন্দ্রগ্রহণ এক বৎসর পর সংঘটিত হইবে।

অতএব উপবেব আলোচনা হইতে আমবা সিদ্ধান্ত কবিতে পাৰি যে এক বৎসবে সর্বাধিক 7টি “গ্রহণ” (eclipse) আমবা দেখিতে পাৰি। এই 7টি গ্রহণেব মধ্যে 5টি সূর্যগ্রহণ এবং 2টি চন্দ্রগ্রহণ অথবা 4টি সূর্যগ্রহণ এবং 3টি চন্দ্রগ্রহণ ঘটতে পাৰে। শেষোক্ত ঘটনা 1982 খ্রিস্টাব্দে ঘটিবে।

এখন আমবা সর্বনিম্ন সংখ্যক গ্রহণেব সংখ্যা নির্ণয় কৰিব। মনে কবন কোন এক পূর্ণিমাব সময় সূর্য তখনও পর্শস্ত M বিন্দুতে আসিবা পোছে নাই। অতএব এই পূর্ণিমায আমবা চন্দ্রগ্রহণ দেখিব না। ইহাব অর্ধ চান্দ্রমাস পর অমাবস্তার সময় সূর্য N (নোডাল বিন্দু)-এব নিকটে আসিবে এবং আমরা সূর্যগ্রহণ দেখিতে পাইব। এক চান্দ্রমাস পর আবার পূর্ণিমাব সময় সূর্য M' বিন্দু অতিক্রম কবিতে যাইবে এবং ফলে আমবা কোন চন্দ্রগ্রহণ দেখিব না। এইরূপে 6 চান্দ্রমাস পর পূর্ণিমাব সময় সূর্য ইতিমধ্যে 180° অতিক্রম কবিনা তখনও M_1 বিন্দুর বাহিনে থাকিবে। অতএব আমবা এবাবও চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব না। $6\frac{1}{2}$

চান্দ্রমাস পব আমাবস্তাব সময় সূর্য N_1 বিন্দুর নিকটে আসিবে এবং তখন আমবা দ্বিতীয় সূর্যগ্রহণ দেখিব। 7 চান্দ্রমাস পব পূর্ণিমাৰ সময়ও সূর্য M_1' বিন্দু অভিক্রম কৰিয়া গিয়াছে এবং এই সময়ও আমবা কোন চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাই না।

12½ চান্দ্রমাস অর্থাৎ 369.125 দিন পব সূর্য প্রথম পূর্ণিমার 369.125 দিন পব আবাব পূর্ণিমাৰ সময় 368° অর্থাৎ প্রথমাবস্থায় 8° দূৰে আসিবা পবে তখন ইহা $M M'$ সীমাৰ মধ্যে আসিবা পড়ে এবং এই সময় আমবা চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব। কিন্তু এই চন্দ্রগ্রহণেৰ সময় আসিতে তামাদেব এক বৎসবেৰ অধিক সময় অতিবাহিত হইয়াছে।

অতএব আমবা সিদ্ধান্ত কৰিতেছি যে কোন এক বৎসবে সৰ্বনিম্ন সংখ্যক গ্রহণেৰ সংখ্যা দুই হইবে এবং এইক্ষেত্রে উভয়ই সূর্যগ্রহণ (Solar eclipse) হইবে।

১৫ ৮.৭ চ্যাল্ডিয়ান ছাবোস (Chaldean Saros)

আমবা দেখিয়াছি যে চন্দ্রেৰ নোডাল বিন্দুৰ মোট 346 62 দিনে এক্সিপটকেব চাবি পাশে একবাৰ ঘূৰিবা আসে। এখন 223 চান্দ্রমাসে $223 \times 29 53 = 6585 32$ দিন হয় এবং নোডাল বিন্দুৰ 19 বাৰ এক্সিপটকেব চাবি পাশে আবর্তন কৰিতে 6585.78 দিন সময় লাগে। এই উভয় দিনগুলিৰ মধ্যে প্রভেদ প্রায় 11 ঘণ্টা এবং এই সময়ৰ মধ্যে সূর্য একটী নোডাল বিন্দু হইতে প্রায় 18' সৰিয়া যায়। ফলে চন্দ্র, সূর্য এবং নোডাল বিন্দুগুলি পৰস্পৰেৰ অপেক্ষাৰ একই অবস্থানে প্রায় 6585½ দিন পব পব ফিৰিবা আসিবে। অর্থাৎ 6585½ দিন = 18 বৎসব 11 দিন পব সূর্যগ্রহণ এবং চন্দ্রগ্রহণেৰ সময়গুলিৰ পর্যাবৃত্তি পুনৰাবৃত্তি ঘটবে।

পুৰাতন কালে chaldean জ্যোতিষিদেবা এই 18 বৎসব 11 দিনেৰ সময়ৰ বাৰধান আবিষ্কাৰ কৰিয়াছিলেন এবং ইহাৰ নাম দিয়াছিলেন “Saros” অতএব 18 বৎসব 11 দিনেৰ মধ্যে সে সমস্ত চন্দ্রগ্রহণ এবং সূর্যগ্রহণ সংঘটিত হয় তাহাৰ পব সেগুলিৰ পুনৰাবৃত্তি হইতে থাকে। সাধাৰণতঃ 6585 দিনে মোট 43 সূর্যগ্রহণ এবং 28 চন্দ্রগ্রহণ ঘটেবা

থাকে। কিন্তু সূর্যগ্রহণ একই হইতে আগম্বা নাও দেখিতে পাবি। পৃথিবীর সন্ধীর্ণ অঞ্চল হইতে আমরা সূর্যগ্রহণ দেখি কিন্তু প্রায় অর্ধেকের বেশী এলাকা হইতে আমরা চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাই।

প্রশ্নমালা—১৫

১। চন্দ্রগ্রহণের কারণ বর্ণনা করুন এবং চন্দ্রগ্রহণের এন্ট্রিপটিক নির্ণয় করুন।

প্রমাণ করুন যে চন্দ্রের কেন্দ্র এবং পৃথিবীর ছায়া কোণের মধ্যে কোণিক দূরত্ব 56'-এর অধিক হইলে চন্দ্রগ্রহণ দেখা সম্ভব নহে এবং পূর্ণগ্রাস বা পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণের জন্য এই দূরত্ব 26'-এর চেয়ে অধিক হইবে না।

২। সূর্যগ্রহণের কারণ বর্ণনা করুন এবং কিভাবে তিন প্রকার সূর্যগ্রহণ আমরা দেখি তাহাও ব্যাখ্যা করুন। এক বৎসরে আমরা অধিকতম কতগুলি এবং ন্যূনতম কতগুলি সূর্যগ্রহণ এবং কতগুলি চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব এবং কেন দেখিতে পাইব তাহা বিশদভাবে বুঝাইয়া দিন।

৩। চন্দ্রগ্রহণের স্থাবিষ্ণু কাল নির্ণয় করুন।

৪। কেন আমরা প্রতি পূর্ণিমাতে চন্দ্রগ্রহণ দেখি না, তাহা বিশদভাবে আলোচনা করুন।

৫। কেন আমরা অঙ্গুরীক চন্দ্রগ্রহণ (annular eclipse) দেখি না তাহা আলোচনা করুন। গাণিত্যক্রিতে সূর্যগ্রহণ এবং চন্দ্রগ্রহণ সম্ভব কি? কারণ প্রদর্শন করুন।

৬। যদি Summer solstice-এর দিনে অর্থাৎ 23 সেপ্টেম্বর তারিখে আমরা পূর্ণচন্দ্রগ্রহণ দেখি এবং ঐ সময় যদি চন্দ্র জেনিথে অবস্থান করে তাহা হইলে, আমাদের স্থানীয় অক্ষাংশ কত হইবে?

৭। সূর্য এবং অমাবস্ত্যার চন্দ্রের কেন্দ্র সংযোগকারী সরলরেখা পৃথিবীর কেন্দ্রে annular সূর্যগ্রহণের সম্ভব যে কোণ উৎপন্ন করে তাহাও পরিমাণ নিয়ে প্রদত্ত রাশিগুলির সাহায্যে নির্ণয় করুন :

সূর্যের উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি	$= 8^{\circ} 8''$
সূর্যের প্রকৃত ব্যাসার্ধ	$= 16' 4''$
চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি	$= 54' 48''$
চন্দ্রের প্রকৃত ব্যাসার্ধ	$= 14' 55''$
চান্দ্রমাসের সময়	$= 29.53$ দিন।

৮। নিম্নে প্রদত্ত বাহ্যিক গতি হইতে পূর্ণ সূর্যগ্রহণের শর্ত (condition)

নির্ণয় করুন :

সূর্যের উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি	$= 8' 7''$
সূর্যের প্রকৃত ব্যাসার্ধ	$= 15' 53''$
চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক দ্রাষ্টি	$= 58' 56''$
চন্দ্রের প্রকৃত ব্যাসার্ধ	$= 16' 3''$
চান্দ্রমাসের সময়	$= 29.53$ দিন।

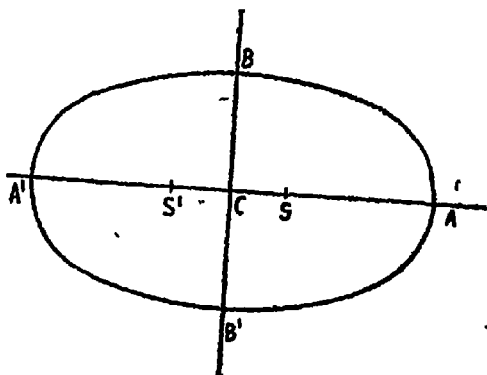
১৫.৯. গ্রহ এবং তাহাদের গতিবিধি সম্বন্ধে

১৫.৯.১ কেপলারের নিয়ম (Kepler's laws)

Tycho Brahe নামক ডেনমার্কের বিখ্যাত জ্যোতির্বিদেব ছাত্র Kepler গ্রহদের গতিবিধি লক্ষ্য কবিয়া তিনটি নিয়ম আবিষ্কার করেন। নিয়মগুলি নিম্নে প্রদত্ত হইল।

- প্রত্যেকটি গ্রহের ভ্রমণপথ বা কক্ষপথ একটি উপবৃত্ত (ellipse) এবং সূর্য এই উপবৃত্তের একটি ফোকাসে (focus) অবস্থিত,
- সূর্য এবং গ্রহ যোগকারী সর্বাঙ্গী (radius vector) সম্মান সমান সময় ব্যবধানে সমান সমান ক্ষেত্রফলের এলাকা বর্ণনা করিবে ;
- প্রত্যেকটি গ্রহের সাইডেবিষাল পিবিবডেব (গ্রহ বৎসব) বর্গ, সূর্য হইতে গ্রহ পর্যন্ত অঙ্কিত সর্বাঙ্গীর ঘনফলের অনুপাতে বৃদ্ধি পাইবে।

প্রথম নিয়ম : মনে করুন $A B A' B'$ একটি গ্রহের কক্ষপথ এবং সূর্য S বিন্দুতে অবস্থিত। কক্ষপথটি একটি উপবৃত্ত এবং $A A'$



উহাৰ সৰ্বাধিক ব্যাস। A বিন্দু S -এৰ নিকটতম বলিয়া ইহাকে পেরি-হিলিয়ান (perihelion) এবং A' দূৰতম বিন্দু বলিয়া ইহা অ্যাপ-হিলিয়ান (aphelion) বলে। মনে করুন e কক্ষপথটির "চ্যাপ্টাঘেব" (eccentricity) পরিমাণ।

উপরন্তেব সাধারণ ধর্ম হইতে আমবা পাই

$$SA = CA - CS = CA - e \cdot CA = (1 - e) CA.$$

$$SA' = CA' + CS = CA + e \cdot CA = (1 + e) CA.$$

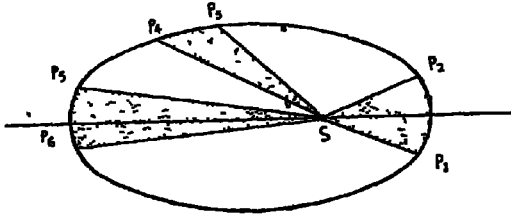
$$\frac{SA}{SA'} = \frac{1 - e}{1 + e}$$

$$\text{অথবা } e = \frac{SA' - SA}{SA' + SA}$$

$$\text{পৃথিবীর কক্ষপথের জন্য } e = \frac{1}{60} \text{ (প্রায়)।}$$

দ্বিতীয় নিয়ম : সূর্য হইতে গ্রহ যোগকারী সর্বলম্বাংশকে রেডিয়াম ভেক্টর (radius vector) বলে।

মনে করুন একটি গ্রহ একই সময় ব্যবধানে P_1 হইতে P_2 কিংবা P_3 হইতে P_4 কিংবা P_5 হইতে P_6 স্থানে আসে। তাহা হইলে দ্বিতীয় নিয়ম অনুসারে $P_1 S P_2$, $P_3 S P_4$, $P_5 S P_6$ -এর ক্ষেত্রফলগুলি সমান।



তৃতীয় নিয়ম : মনে করুন T_1, T_2, T_3 সময়ে বিভিন্ন গ্রহ আপন আপন কক্ষপথে একবার কবিষা আবর্তন কবে অর্থাৎ T_1, T_2, T_3 প্রভৃতি যথাক্রমে গ্রহগুলির সাইডেরিয়াল পিরিয়ড বা গ্রহবৎসব। আবণ্ড মনে করুন যে সূর্য হইতে গ্রহগুলির গড় দূরত্ব যথাক্রমে a_1, a_2, a_3, \dots । কেপ্‌লাবের তৃতীয় নিয়মানুসারে

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \frac{T_3^2}{a_3^3} = \dots$$

এখন পৃথিবীর জন্ত $T_1 =$ এক বৎসব

$$a_1 = 93,005,000 \text{ মাইল।}$$

এই দূরত্ব একক ধরিয়া আমবা অন্তান্ত গ্রহের জন্ত লিখিতে পারি

$$T_2^2 = a_2^3, \quad T_3^2 = a_3^3.$$

$$\text{অথবা, } T_2 = a_2^{3/2}, \quad T_3 = a_3^{3/2}, \dots$$

$$\text{অথবা, } a_2 = T_2^{2/3}, \quad a_3 = T_3^{2/3}$$

উদাহরণ ১৮। শনি গ্রহ $T_2 = 29.46$ বৎসব

$$a_2 = T_2^{2/3} = (29.46)^{2/3} = 9.54$$

অর্থাৎ পৃথিবীর তুলনায় সূর্য হইতে ৯.৫৪ গুণ দূরে শনিগ্রহ অবস্থিত।

$$\text{প্রকৃত দূরত্ব} = 9.54 \times 93,005,000 \text{ মাইল।}$$

ইউবেনাস : $T = 84.015$ বৎসব

$$a = (84.015)^{2/3}$$

$$= 19.19$$

$$\text{ইউবেনাসের দূরত্ব} = 19.19 \times 93,005,000 \text{ মাইল।}$$

১৫.৯.২.

নিউটনের মাধ্যাকর্ষণের নিয়ম হইতে কেপলারের তৃতীয় নিয়ম নিম্নলিখিত উপায়ে নির্ণয় করা যায়। মনে করুন m_1 , T_1 যথাক্রমে একটি গ্রহের বস্তুর পৰিমাণ এবং উহাৰ কক্ষপথে আবর্তনের সময় এবং M সূর্যের বস্তুর পৰিমাণ। মনে করুন a_1 গ্রহটির সূর্য হইতে গড় দূরত্ব এবং ω_1 উহাৰ কৌণিক গতি (angular velocity)। তাহা হইলে

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} \quad (১)$$

সূর্য এবং গ্রহের মধ্যে পরস্পরের আকর্ষণজনিত যে গতি বৃদ্ধি (acceleration) ঘটে তাহার পরিমাণ

$$= \frac{G}{a_1^2} (M + m_1), \quad G \equiv \text{মাধ্যাকর্ষণজনিত সংখ্যা} \quad (২)$$

$$\text{কিন্তু এই আপেক্ষিক গতি বৃদ্ধি} = \omega_1^2 a_1 \quad (৩)$$

অতএব (১), (২) এবং (৩) হইতে আমরা পাই

$$\begin{aligned} \frac{G}{a_1^2} (M + m_1) &= \omega_1^2 a_1 = \frac{4\pi^2}{T_1^2} a_1 \\ \frac{T_1^2}{a_1^3} &= \frac{4\pi^2}{G(M + m_1)} \end{aligned} \quad (৪)$$

একইরূপে, যদি m_2 , T_2 a_2 দ্বিতীয় গ্রহের অনুকূপ সংখ্যা স্বচনা করে, তাহা হইলে

$$\frac{T_2^2}{a_2^3} = \frac{4\pi^2}{G(M + m_2)} \quad (৫)$$

(৪) এবং (৫) হইতে আমরা পাই

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} (M + m_1) = \frac{T_2^2}{a_2^3} (M + m_2) \quad (৬)$$

$$\text{অথবা, } \frac{T_1^2}{a_1^3} \left(1 + \frac{m_1}{M}\right) = \frac{T_2^2}{a_2^3} \left(1 + \frac{m_2}{M}\right) \quad (৭)$$

যদি গ্রহের বস্তুর পৰিমাণের (m_1 , m_2) সহিত সূর্যের বস্তুর পরিমাণের অনুপাতকে আমরা নগণ্য মনে করি অর্থাৎ যদি

$\frac{m_1}{M}$, $\frac{m_2}{M}$ প্রভৃতিকে বাদ দেই তাহা হইলে কেপলারের তৃতীয়

$$\text{নিয়মটি পাই অর্থাৎ } \frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3}$$

১৫ ৯.৩. গ্রহের বস্তুর পৰিমাণ।

মনে ককন m , a , T যথাক্রমে একটি গ্রহেব বস্তব পৰিমাণ, উহাব গড দূবছ এবং পৰিক্রমণ সময় এবং m_1 , a_1 , T_1 যথাক্রমে গ্রহটব কোন একটি উপগ্রহেব যথাক্রমে বস্তব পৰিমাণ, গ্রহ হইতে গড দূবছ এবং পৰিক্রমণ সময়। তাহা হইলে গ্রহেব জগ্ৰ

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{(M+m)G} \quad (b)$$

উপগ্রহেব জগ্ৰ $\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{4\pi^2}{(m+m_1)G}$

এখন $\frac{m_1}{m}$ কে বর্জন কবিয়া (নগণ্য বিষয়) আমবা শেষোক্ত সমীকরণকে লিখিতে পাৰি

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{4\pi^2}{mG} \quad (৯)$$

অতএব (b) এবং (৯) হইতে আমবা পাই

$$\frac{T^2 a_1^3}{a^3 T_1^2} = \frac{m}{M(1 + \frac{m}{M})}$$

অর্থাৎ $\frac{T^2 a_1^3}{T_1^2 a^3} \approx \frac{m}{M}$

$$\frac{m}{M} \approx \left(\frac{a_1}{a}\right)^3 \cdot \left(\frac{T}{T_1}\right)^2 \quad (১০)$$

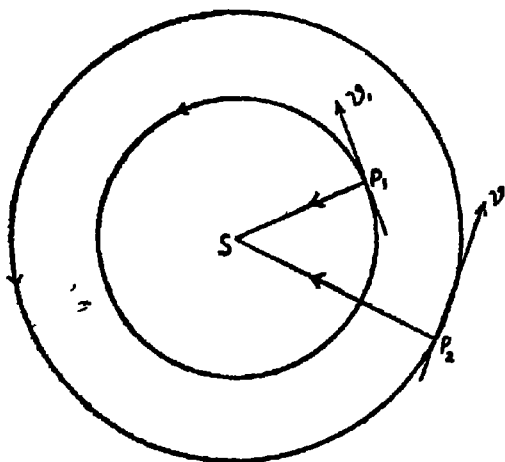
উদাহরণ ১৯। ইউবেনাসেব ক্ষেত্রে উপগ্রহ Titania-এব জগ্ৰ

$$\left. \begin{array}{l} a=19.19 \text{ a.u.} \\ T=84.02 \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} a_1=0.0293 \\ T_1=8.706 \text{ দিন} \end{array} \right\} \quad \frac{m}{M} \approx \frac{1}{22610}$$

১৫ ৯.৪ গ্রহেব বৈখিক গতি

মনে ককন গ্রহগণেব কক্ষপথগুলি স্বভাফাব। দুইটি গ্রহ বৈখিক v_1 এবং v_2 গতিতে আপন কক্ষপথে চলিতে চলিতে কোন একটি নিদিষ্ট মুহুর্তে P_1 এবং P_2 বিন্দুতে আসিল। S সূর্যেব অবস্থান স্থানা কৰ্মিতেছে

এবং M_1, M_2 যথাক্রমে গ্রহ দুইটির বস্তুর পরিমাণ। যেহেতু গ্রহ দুইটি স্বত্বাকার পথে একই গতিতে (v_1 এবং v_2) পবিত্রমণ করিতেছে অভাব



তাহাদেব কেন্দ্রাভিমুখী গতি বন্ধির পরিমাণ যথাক্রমে $\frac{v_1^2}{r_1}$ এবং $\frac{v_2^2}{r_2}$ ($P_1S=r_1, P_2S=r_2$) কিন্তু মাধ্যাকর্ষণেব নিবমানুসাবে গ্রহ দুইটির গতি-বন্ধির পরিমাণ যথাক্রমে

$$\frac{G(M+M_1)}{r_1^2} \text{ এবং } \frac{G(M+M_2)}{r_2^2} \quad (M=\text{সূর্যেব বস্তুর পরিমাণ})$$

এখন M -এব তুলনায় M_1 এবং M_2 -এব মানকে নগণ্য মনে কনিলে আগবা পাই

$$\frac{v_1^2}{r_1} = \frac{GM}{r_1^2}, \quad \frac{v_2^2}{r_2} = \frac{GM}{r_2^2}$$

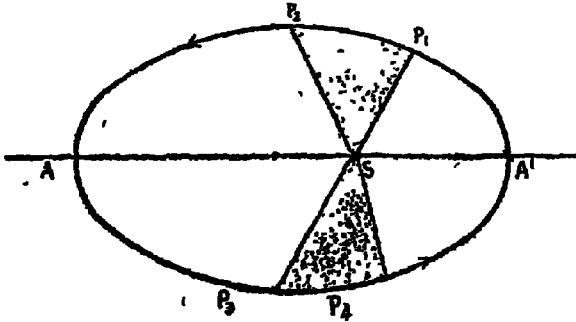
$$\text{অথবা } v_1^2 r_1 = v_2^2 r_2$$

$$\text{অথবা } v_1 \sqrt{r_1} = v_2 \sqrt{r_2}$$

ইহা হইতে আগরাসিদ্ধান্ত কবিত্তে পারি যে সূর্য হইতে, দূরত্বেব বর্গমূল স্বত বন্ধি পাইবে, গ্রহের বৈখিক গতি সেই অনুপাতে হ্রাস পাইবে।

১৫৯৫. কেপলারের নিয়ম হইতে আমরা নিম্নে বর্ণিত সিদ্ধান্তে উপনীত হইতে পারি :

মনে করুন একই সময় ব্যবধান t -তে একটি গ্রহ যথাক্রমে P_1SP_2 এবং P_3SP_4 ক্ষেত্র বর্ণনা করিল। কেপলারের দ্বিতীয় নিয়মানুসারে



ক্ষেত্রফল $P_1SP_2 =$ ক্ষেত্রফল P_3SP_4

যদি $\angle P_1SP_2 = x_1^\circ$, $\angle P_3SP_4 = x_2^\circ$ এবং $SP_1 = r_1$, $SP_3 = r_2$ হয়, তাহা হইলে

$$\text{ক্ষেত্রফল } P_1SP_2 = \frac{\pi r_1^2 x_1}{360} = \frac{\pi r_2^2 x_2}{360} = \text{ক্ষেত্রফল } P_3SP_4$$

$$r_1^2 x_1 = r_2^2 x_2 = h \text{ (মনে করুন)} \quad (১)$$

P_1 এবং P_3 বিন্দুতে যদি গ্রহটির কৌণিক গতিবেগ গড় যথাক্রমে ω_1 এবং ω_2 হয়, তাহা হইলে

$$\omega_1 t = x_1, \quad \omega_2 t = x_2 \quad (২)$$

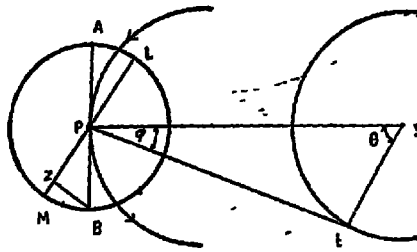
এবং (১) এবং (২) হইতে আমরা পাই

$$r_1^2 \omega_1 = r_2^2 \omega_2 = \frac{h}{t} \quad (৩)$$

সিদ্ধান্ত : A' বিন্দুতে (perihelion) কৌণিক গতি সর্বাধিক এবং A বিন্দুতে (aphelion) কৌণিক গতি সর্বনিম্ন হইবে।

১৫৯.৬ গ্রহের কলারুদ্ধি (Phases of a planet)

গ্রহের নিজেব কোন আলো নাই ! সূর্যের আলো গ্রহ হইতে প্রতিফলিত হইয়া পৃথিবীতে ফিবিয়া আসে। আমরা টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখিতে পাই যে চন্দ্রের যেমন কলারুদ্ধি হয় তেমনিই গ্রহেবও কলারুদ্ধি হইয়া থাকে। মনে করুন P একটি গ্রহের কেন্দ্র এবং r উহাব ব্যাসার্ধ। মনে করুন S এবং E যথাক্রমে সূর্য এবং পৃথিবীর অবস্থান। গ্রহেব যে অর্ধাংশ সূর্যের দিকে থাকে শুধু সেই অংশ আলোক পাই। কিন্তু এই আলোকিত অংশেব সবটুকু পৃথিবী হইতে দেখা যাব না। চিত্রে APB, LPM যথাক্রমে SP এবং EP-এব উপব অঙ্কিত লম্ব।



যদি BN, LM-এব উপব অঙ্কিত লম্ব হয়, তাহা হইলে গ্রহেব $\frac{LN}{LM}$ অংশ আমরা পৃথিবী হইতে দেখিতে পাইব। উপবেব চিত্র হইতে

$$\text{আমরা পাই } \frac{LN}{LM} = \frac{LP + PN}{LM} = \frac{r + r \cos \varphi}{Zr} \\ = \frac{1}{2} (1 + \cos \varphi) \quad (১)$$

একটি দূর্বর্তী (Superior) গ্রহেব নৈজে যদি $\varphi = 0$ হয় তাহা হইলে $\cos \varphi = 1$ এবং $\frac{LN}{LM} = 1$ হইবে এবং গ্রহকে আমরা পূর্ণিমাষ অবস্থায় দেখিব। অতএব যখন গ্রহটি পৃথিবীর দিগবীত দিকে সূর্যের সহিত সমস্তুতে অবস্থিত তখন গ্রহটিকে পূর্ণিমাষ অবস্থায় দেখা যাইবে। আবার এই সমস্ত গ্রহেব জন্ত φ -এব মান সর্বদাই 90° অপেক্ষা কম হইবে। অতএব আমরা সর্বদাই গ্রহেব আলোকিত অংশেব অর্ধেকের বেশী দেখিতে পাইব।

নিকটবর্তী গ্রহেব জন্ত যখন গ্রহটি পৃথিবীর বিপরীত দিকে সূর্যেব সহিত সমস্থিত্রে আসে তখন $\varphi = 0$ এবং $\frac{LN}{LM} = 1$, অতএব আমবা গ্রহেব আলোকিত অংশেব সবটুকু দেখিতে পাইব। আষাৰ যখন পৃথিবী এবং গ্রহ সূর্যেব একই পার্শ্বে সমস্থিত্রে আসে তখন $\varphi = 180^\circ$ এবং $\frac{LN}{LM} = 0$ হওয়ায় আমবা গ্রহকে মোটেই দেখিতে পাইব না। অস্ত-অবস্থায় φ -এব মান নিম্ন উপায়ে নির্ণয় কবা যায়।

মনে ককন একটি গ্রহেব আপন কক্ষপথে আবর্তন সময় = T , এবং দূরবর্তী গ্রহেব জন্ত বিপরীত সমবেগ অবস্থান (opposition) অথবা নিকটবর্তী গ্রহেব জন্ত নিম্ন সমবেগ অবস্থানে (inferior conjunction) হইতে যে কোন অবস্থান পর্যন্ত নির্ণয় সময় = t . তাহা হইলে চিত্র হইতে $\theta = \angle ESP = \frac{360^\circ t}{T}$... (২)

আষাৰ SEP জিভুজ হইতে $SE = a$, $SP = b$ ধরিয়া আমবা পাই

$$b \sin \varphi = a \sin \angle SEP = a \sin (\theta + \varphi)$$

$$\tan \varphi = \frac{a \sin \theta}{b - a \cos \theta} \quad (৩)$$

অতএব φ এব মান নির্ণয় কবা যায় এবং $\frac{LN}{LM}$ এব মান φ -এব সাহায্যে স্থির কবা যায়।

উদাহরণ ২০। শুক্তাষাৰ (Venus)-এব কলা (phase) = $\frac{1}{4}$ এবং $b = 0.723 \text{ a.u.}$ হইলে সূর্য-গ্রহ যোগকাৰী সবলবেগা পৃথিবীতে কোণ (elongation = $\angle PES$) উপর কবে, তাহা নির্ণয় ককন।

$$\text{আমবা জানি "কলা" (phase) = } \frac{1 + \cos \varphi}{2}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{1 + \cos \varphi}{2}$$

$$\cos \varphi = -\frac{1}{2}$$

$$\therefore \varphi = 120^\circ$$

$$\text{আবার } \tan \varphi = \frac{a \sin \theta}{b - a \cos \theta}$$

$$\text{অথবা, } \tan 120^\circ = \frac{\sin \theta}{.723 - \cos \theta}$$

$$\text{অথবা, } -\sqrt{3}(.723 - \cos \theta) = \sin \theta$$

$$\text{অথবা, } \sqrt{3} \cos \theta - \sin \theta = .723 \times 1.732$$

$$\text{অথবা, } 2 \cos (\theta + 30^\circ) = .723 \times 1.732$$

$$\text{অথবা, } \cos (\theta + 30^\circ) = .723 \times .866 = .6253$$

$$\therefore \theta + 30^\circ = 51^\circ 18'$$

$$\text{অথবা } \theta = 21^\circ 18'$$

$$\begin{aligned} \text{এবং } \angle \text{PES} &= 180^\circ - (\theta + \varphi) \\ &= 180^\circ - (21^\circ 18' + 120^\circ) \\ &= 180^\circ - 141^\circ 18' \\ &= 38^\circ 42' \end{aligned}$$

প্রশ্নমালা—১৬

১। শুক্তগ্রহের কক্ষপথে আবর্তন কাল 224.7 দিন এবং সূর্য হইতে বৃহত্তম কৌণিক ব্যবধান (elongation) 45° হইলে একটি Conjunction এবং বৃহত্তম কৌণিক ব্যবধানের সময়ে পার্থক্য কত হইবে, নির্ণয় করুন।

২। চিত্রের সাহায্যে প্রমাণ করুন যে শুক্তগ্রহের সূর্য হইতে কৌণিক ব্যবধান সর্বদাই সূক্ষ্মকোণ হইবে।

৩। Kepler-এর নিয়মগুলি বর্ণনা করুন। নিউটনের মাধ্যাকর্ষণের নিয়মের সাহায্যে Kepler-এর তৃতীয় নিয়মটি বাহ্যিক করুন।

৪। দুইটি পব পব Opposition অবস্থার আসিতে শনিগ্রহের 378 দিন অতিবাহিত হইলে শনিগ্রহের সৌর-বৎসবে (Sidereal period) কত দিন আছে নির্ণয় করুন।

৫। কক্ষপথগুলিকে স্বতাকার একই সমতলে অবস্থিত কল্পনা-কবিশা
প্রমাণ ককন যে নিকটবর্তী গ্রহেব গতিবেগ দূববর্তী-গ্রহেব গতিবেগ —
অপেক্ষা বৃহত্তব।

৬। যদি ইউবেনাস গ্রহেব গড দূবস্থ পৃথিবীব দূবত্বেব 19 2 ঙণ হয,
তাহা হইলে গ্রহটিব সৌববৎসবে কত দিন আছে তাহা নির্ণয ককন।

৭। শূক্ৰগ্রহেব সৌববৎসবে 224 7 দিন আছে। ইহাব সাইনডিক
পিবিষড কত নির্ণয ককন।

৮। সূৰ্য হইতে শূক্ৰগ্রহেব দূবস্থ পৃথিবীব দূবত্বেব 0 72 ঙণ হইলে
Kepler-এব তৃতীয নিষমেব সাহায্যে গ্রহটিব সৌববৎসব নির্ণয ককন।

৯। একটি গ্রহেব সৌববৎসব এবং সাইনডিক বৎসব কাহাকে বলে ?
উহাদেব মাধ্য যে সঙ্ক তাহা নির্ণয ককন। Pluto গ্রহেব সৌব
বৎসব সংখ্যা 247 7 হইলে ইহাব সাইনডিক বৎসব কত নির্ণয ককন।

১০। মঙ্গল গ্রহেব সৌববৎসবে 780 দিন আছে এবং ইহাব
কক্ষপথেব ব্যাস পৃথিবীব কক্ষপথেব ব্যাসেব $1\frac{1}{2}$ ঙণ। গ্রহটিব opposition
অবস্থা হইতে quadrature অবস্থায় আসিতে কত সময় লাগিবে তাহা
স্থিয ককন।

১১। একটি গ্রহেব “সোজা” (direct) গতি এবং “উণ্টা” (Re-
trograde) গতি বর্ণনা ককন। শূক্ৰগ্রহ কোন এক সময়ে “সন্ধ্যাতাবা”
এবং স্থিয বলিষা প্রতীষমান হইলে ইহাব গতি কোন দিকে হইবে
তাহা স্থিয ককন।

১২। একটি গ্রহেব “কলা” কাহাকে বলে তাহা বর্ণনা ককন। নিকটবর্তী
এবং দূববর্তী গ্রহেব “কলা” কিভাবে বৃদ্ধি পায় তাহা বুকাইষা লিখুন।

১৩। “কলা” (phase) জানা থাকিলে কিভাবে গ্রহেব সূৰ্য হইতে
কৌণিক দূবস্থ (elongation) পাওষা যায় তাহা বর্ণনা ককন।

১৪। যদি সূৰ্য এবং শূক্ৰগ্রহকে একই স্থানে জুনমাসেব 1 তাবিখে
উদয হইতে দেখা যায় তাহা হইলে গ্রহটিব কৌণিক দূবস্থ নির্ণয ককন।

১৫। সূৰ্য হইতে একটি গ্রহেব দূবস্থ 2760,000,000 মাইল এবং
অপব একটি গ্রহেব সাইডেবিষাল পিবিষড 29 6 বৎসব হইতে প্রথম

গ্রহেব সাইডেবিয়াল পিৰিষড এবং দ্বিতীয় গ্রহেব সূর্য হইতে দূরত্ব কত নির্ণয় ককন।

১৬। বৃহস্পতি গ্রহের সূর্য হইতে দূরত্ব পৃথিবীর দূরত্বেব ৫২ গুণ। পৃথিবীর, বৃহস্পতি গ্রহ এবং সূর্য পব পব দুইবার সমরেখ হইতে কত সময় অতিবাহিত হইবে নির্ণয় ককন।

১৭। শনিগ্রহেব সূর্য হইতে দূরত্ব পৃথিবীর দূরত্বেব ৭ গুণ। যে সময়ে গ্রহটির গতি উর্গটা দিকে হইবে সেই সময়েব স্বাবীকাল নির্ণয় ককন।

১৮। মঙ্গলগ্রহের দুইটি উপগ্রহেব সাইডেবিয়াল পিৰিষড যথাক্রমে ৩০ ঘণ্টা এবং $7\frac{1}{2}$ ঘণ্টা হইলে উপগ্রহ দুইটির গ্রহ হইতে দূরত্বেব অনুপাত নির্ণয় ককন।

১৯। নিম্নলিখিত জ্যোতিষকগুলি সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখুন।

ষোড়শ অধ্যায়

নক্ষত্র, ছায়াপথ ইত্যাদি

১৬১. নক্ষত্রের দূরত্ব

সূর্যই পৃথিবীর নিকটতম নক্ষত্র। অন্যান্য নক্ষত্রগুলি পৃথিবী হইতে এত দূরে যে তাহাদের দূরত্ব নির্ণয় কবিতে হইলে দুই প্রকার একক ব্যবহার করা হয়। পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্বকে একটি একক (Astro-nomical Unit বা A U) এবং দ্বিতীয় একক আলো-বৎসব (Light year)। এই দ্বিতীয় এককে আলো এক বৎসবে যে দূরত্ব অতিক্রম করে সেই দূরত্বকে বুঝায় অর্থাৎ

এক আলো-বৎসব = $186,000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365$ মাইল।

ইহা ছাড়া কখনও কখনও “পারসেক” (persec) নামক একটি একক ব্যবহার করা হয়। একটি নক্ষত্রেব পৃথিবীতে ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক দ্রাষ্টব্য পরিমাণ যদি 1° সেকেন্ড হয় তাহা হইলে সেই নক্ষত্রেব দূরত্বকে “এক পারসেক” বলে। নক্ষত্রেব দূরত্ব সাধাবণতঃ “ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক দ্রাষ্টব্য” (geocentric parallax) সাহায্যে নির্ণয় করা হয় বলিয়া এই একক ব্যবহার করা হয়।

1 পারসেক = 3 26 আলো-বৎসব।

উদাহরণ স্বরূপ মনে করুন আকাশে উজ্জ্বলতম নক্ষত্র Sirius (সিবিয়াস),-এব কৌণিক দ্রাষ্টব্য পরিমাণ = 0.379 অতএব এই নক্ষত্রেব দূরত্ব $206,265 / 0.379$ (A.U) অর্থাৎ $1 / 0.379 = 26$ পারসেক্ অথবা 86 আলো বৎসব

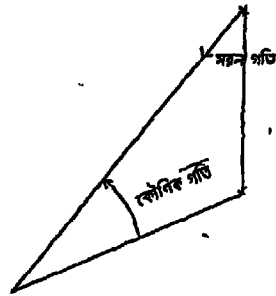
সূর্য হইতে $3\frac{1}{2}$ পারসেক্ দূরত্বেব মধ্যে প্রায় 15টি নক্ষত্রেব পবিচয় পাওয়া গিয়াছে। সূর্যের নিকটতম প্রতিবেশী α -Centauri (α -সেন্টাবী)। ইহা প্রকৃত পক্ষে দ্বি-নক্ষত্র (double star পবে দেখুন)।

নিম্নে আমরা নিকটবর্তী কয়েকটি নক্ষত্রের তালিকা দিলাম :

নাম	R.A.	নতি	আকার (magnitude)	দূরত্ব (আলো-বৎসর)
α-সেন্টবী	14 ঘ. 36 মি.	—60°-6	1.7	4.3
লাইটেন (Layten)	1 ঘ 36 মি	—18° 2	12	8.6
সিৰিয়াস (Sirius)	6 ঘ 43.মি.	—16 6	8.4	8 6
61-সিগ্নি (cygni)	21 ঘ. 5মি.	38 5	6 3	10 9

১৬২. নক্ষত্রের গতি

১৭১৮ খ্রিস্টাব্দে এড্‌মাণ্ড হ্যালী সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন যে নক্ষত্র প্রকৃতপক্ষে স্থির নহে। তিনি মন্তব্য করেন যে টলেমীর পুৰাতন ক্যাটালগে (Catalogue) বর্ণিত উজ্জ্বল নক্ষত্রগুলির প্রত্যেকে প্রায় চতুর্দশ ব্যাস পরিমিত দূরত্বে সরিয়া গিয়াছে। নক্ষত্রগুলি পৰস্পর ইতঃস্ততভাবে গতিশীল এবং ক্রতবেগে তাহারা স্থান পৰিবর্তন করিতেছে। পৃথিবী হইতে তাহাদের প্রায় অসীম দূরত্বেব জন্ম আমরা এই গতি সহজে বুঝিতে পারি না। জ্যোতিষবিদেরা নক্ষত্রের



“কৌণিক গতি” (proper motion) এবং “সরল গতি” (radial motion) নির্ণয় করিতে সক্ষম হইয়াছেন (চিত্র দেখুন)।

বিভিন্ন সময়ে নক্ষত্রের R. A. এবং নতির পরিমাণ নির্ধারণ করিয়া কৌণিক গতি পাওয়া যায়। ইহা ছাড়া আধুনিক উপায়ে আকাশের অংশবিশেষের ফটোগ্রাফ লইয়াও এই কৌণিক গতির অস্তিত্ব জানা গিয়াছে। প্রায় ২২ বৎসর সময়ের ব্যবধানে গৃহীত ফটোগ্রাফ হইতে Barnard's star নামক নক্ষত্রের কৌণিক গতি নির্ণয় করা হইয়াছে। আবার নক্ষত্র হইতে প্রাপ্ত আলোর বর্ণি বিশ্লেষণ (spectrum) করিয়া এবং Doppler effect নামক বৈজ্ঞানিক পদ্ধতির সাহায্যে নক্ষত্রের সরল গতির পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। নক্ষত্রের আলোর রশ্মিকে বিশ্লেষণ করিলে কতকগুলি লাইন (বেখা) পাওয়া যায়। সরল গতির জন্ম এই

লাইনগুলি স্থানচ্যুত হব। ইহা হইতে আশাব চেউয়েব দৈর্ঘ্য বাড়িতেছে কিংবা কমিতেছে তাহা খিব করা যায়।

১৬.৩. নক্ষত্রের উজ্জ্বলতার প্রকারভেদে শ্রেণীবিভাগ

উজ্জ্বলতার প্রকারভেদে খালি চোখে দেখা যায় এমন নক্ষত্র-গুলিকে ৬টি শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে। উজ্জ্বলতম নক্ষত্রগুলিকে প্রথম শ্রেণীভুক্ত (first magnitude) করা হয় এবং ক্ষীণতম নক্ষত্র-গুলিকে ৬ষ্ঠ শ্রেণীর নক্ষত্র বলা হয়। প্রায় ২০টি নক্ষত্রকে প্রথম শ্রেণীর উজ্জ্বল নক্ষত্র বলিয়া ধরা হয়। প্রথম শ্রেণীর নক্ষত্র দ্বিতীয় শ্রেণীর নক্ষত্রের চেয়ে প্রায় ২.৫ গুণ বেশী উজ্জ্বল।

নিম্নে উজ্জ্বলতার সহিত শ্রেণীবিভাগের তুলনা করা হইল।

শ্রেণী	উজ্জ্বলতার মান
প্রথম শ্রেণী	100 গুণ
দ্বিতীয় শ্রেণী	39.8 গুণ
তৃতীয় শ্রেণী	15.85 গুণ
চতুর্থ শ্রেণী	6.31 গুণ
পঞ্চম শ্রেণী	2.512 গুণ
ষষ্ঠ শ্রেণী	1 গুণ

উপরোক্ত শ্রেণীবিভাগ পৌরাসিক বাল হইতে চলিতা আনিতেছে। অধুনাবালে ফটোগ্রাফি এবং ফটোসেলের সাহায্যে নক্ষত্রগুলি প্রায়ঃ ক্ষুদ্রতম শ্রেণীতে বিভাগ করা হইয়াছে। অনেক ক্ষেত্রে দেখা যায় যে ক্ষুদ্রতম নক্ষত্র নিবটে থাকায় বেশী উজ্জ্বল দেখান দিত হইতম নক্ষত্র বেশী দূরে থাকায় বেশী উজ্জ্বল দেখান না। এইরূপ শ্রেণী বিভাগের চর প্রত্যেক নক্ষত্রকে 10 পারসেক দূরত্বে (32.6 আলোক-বর্ষের) বসানো বলিয়া উমান উজ্জ্বলতা খিব করা হয়। এইরূপ প্রত্যেক শ্রেণীবিভাগের চর সত্যাকার সংখ্যায় প্রের করা হয়।

একটি নক্ষত্র কতদূর আমাদের কাছে নির্ণয় করার জন্য প্রত্যেক একক ধরা হয়। সূর্যকে নক্ষত্রের দূরত্বে আসনা উপস্থিত নক্ষত্রের দূরত্বে অপেক্ষা করিয়া আমাদের চাইতে নক্ষত্রের দূরত্ব ১ তুলনায় ১:১০

আলোময় বলা হইবে। সূর্যকে +48 শ্রেণীভুক্ত করা হইয়াছে এবং সিরিয়াস্ নক্ষত্রের শ্রেণী 1 কিন্তু সিরিয়াস্ ২০টি সূর্যের চেয়ে আলোময়। নীল বর্ণের নক্ষত্রগুলি সূর্য অপেক্ষা 100 গুণ বেশী আলোময় এবং সূর্য সাধারণ লাল বর্ণের নক্ষত্রগুলি অপেক্ষা প্রায় ঐ পরিমাণে বেশী আলোময়। লাল বর্ণের নক্ষত্রগুলি দুই প্রকারের। ইহাদের কতকগুলি সূর্য অপেক্ষা অধিক আলোময় বলিয়া ইহাদিগকে “Giant star” বলা হয় এবং যেগুলি অপেক্ষা সূর্য অধিক আলোময় সেগুলিকে “Dwarf star” বলা হয়। Arcturus এবং Capella সূর্য অপেক্ষা অনেক বেশী আলোময়।

১৬৪ নক্ষত্রের বায়ুমণ্ডল (Stellar atmosphere)

নক্ষত্রের বায়ুমণ্ডল সম্বন্ধে জানিতে হইলে ইহাব আলো বিশ্লেষণ কবিয়া বিশ্লেষিত আলোর ফটোগ্রাফ হইতে ব্যবতীয় জ্ঞান লাভ কবিতো হইবে। ইহা পদার্থ বিজ্ঞানের একটি শাখা।

১৬৫ পরিবর্তনশীল নক্ষত্র (Variable stars)

কতকগুলি নক্ষত্রের উজ্জ্বলতাব তারতম্য হইতে দেখা যায়। কখনও কখনও অল্পপ্রকারেও নক্ষত্রের অবস্থাব তারতম্য হইতে পারে। এ পর্যন্ত আমাদের ছায়াপথে 14,708টি পরিবর্তনশীল নক্ষত্রের ক্যাটালগ প্রস্তুত করা হইয়াছে। পরিবর্তনশীল নক্ষত্রগুলিকে প্রধানতঃ তিনটি ভাগে ভাগ করা হইয়াছে যথাঃ eclipsing, pulsating এবং eruptive নক্ষত্র।

Pulsating নক্ষত্র : অনেক Giant নক্ষত্রের উজ্জ্বলতাব তারতম্য ঘটিবার কারণ এই যে নক্ষত্রগুলি আন্তরনে সঙ্কুচিত এবং প্রসারিত হইয়া থাকে। Delta Cephei একটি pulsating নক্ষত্র। ছায়াপথে এইরূপ আরও 500টি নক্ষত্র দেখা গিয়াছে। Polaris, Eta Aquilae, Zeta Geminorum এবং Beta Doradus প্রভৃতি নক্ষত্র ইহাদের অন্তর্ভুক্ত। Otto Struve প্রমুখ পণ্ডিতদের মতে এই সমস্ত নক্ষত্রের ভিতরের অংশ সঙ্কুচিত হওয়ার একপ্রকার ঢেউ সৃষ্টি হয়। এই ঢেউ বাহিরে বহিবার সময় photosphere এ অবস্থিত গ্যাসে ভীষণ আন্দোলন

সৃষ্টি করে এবং ফলে নক্ষত্র হইতে প্রাপ্ত বশ্মিৰ বিশ্লেষণ ফটোগ্রাফে পৰিবৰ্তন লক্ষ্য কৰি। সৰ্বনিম্ন এবং সৰ্বাধিক উজ্জ্বলতাব মাঝামাঝি সময়ে আলো বশ্মিতে ফটোগ্রাফে হাইড্রোজেন লাইনেৰ যে অবস্থান, দেখা যায় উহাকে সৰ্বাধিক উজ্জ্বলতাব সময় সন্নিধ্য বাইতে দেখা যায়। ইহা হইতে বুঝা যায় যে ঐ সময় নক্ষত্ৰেৰ photosphere-এৰ গ্যাস প্ৰসাৰিত হইয়া বাহিৰে আসে।

Eruptive নক্ষত্ৰ : কতকগুলি নক্ষত্ৰ সময় সময় আকস্মিকভাবে উজ্জ্বল হইয়া উঠে এবং পৰে আন্তে আন্তে পূৰ্বাবস্থায় ফিৰিয়া যায়। ইহাদিগকে Nova বলে। যেমন Nova Aquilae 1918 অৰ্থাৎ 1918 খ্ৰীষ্টাব্দে Aquilae বাশিৰ (Constellation) মধ্যে এই নক্ষত্ৰটিকে প্ৰথম দেখা গিয়াছিল। আমাদেৰ Galaxy-তে প্ৰায় 100টি Nova আবিষ্কৃত হইয়াছে। ইহাদেৰ মধ্যে ছায়াপথেই প্ৰায় 25টি Nova পাওনা গিয়াছে। বৰ্তমান শতাব্দীতে 5টি Nova প্ৰথম শ্ৰেণীৰ নক্ষত্ৰেৰ অন্তৰ্ভুক্ত হইয়াছে। Nova Persei 1901, Nova Aquilae 1918, Nova Pictoris 1925, Nova DQ Herculis 1934 এবং Nova CP Puppis 1942, নক্ষত্ৰগুলি Rigel, Spica এবং Deueb-এৰ মত উজ্জ্বল দেখা গিয়াছিল।

Nova-গুলি সাধাৰণতঃ সূৰ্য অপেক্ষা আনতনে ছোট। ইহাদেৰ উজ্জ্বলতা প্ৰায় 60,000 গুণ বৃদ্ধি পাইতে পাৰে। তাৰপৰি আন্তে আন্তে স্বাভাৱিক অবস্থায় ফিৰিয়া আসিতে প্ৰায় 20 হইতে 40 বৎসৰ সময় লাগে। কতকগুলি Nova একাবিকৰাব প্ৰচলিত হইয়া থাকে। ইহাদিগকে Recurrent Novae বলে। যেমন Nova T Coronae Borealis 1866 খ্ৰীষ্টাব্দে প্ৰচলিত হইয়া দ্বিতীয় শ্ৰেণীৰ নক্ষত্ৰেৰ পৰিণত হইয়াছিল এবং প্ৰায় দুই শতাব্দীৰ বাবেৰ পৰা পৰ্যন্ত সন্নিধ্যত হইয়াছিল। এই নক্ষত্ৰই আনন্দ 1946 খ্ৰীষ্টাব্দে প্ৰচলিত হইয়া তৃতীয় শ্ৰেণীৰ নক্ষত্ৰেৰ ৰূপ গ্ৰহণ কৰে। সেইৰূপ Nova RS Ophiuchi 1898 এবং 1933 খ্ৰীষ্টাব্দে আনন্দ প্ৰচলিত হইয়া চতুৰ্থ শ্ৰেণীৰ

নক্ষত্রের রূপ ধারণ করে। আজকাল মনে করা হয় যে Nova-গুলি অত্যধিক তাপ বিকিরণ করিয়া আশ্বে আশ্বে নিঃসৃত হইয়া আসিতেছে। এই অত্যধিক তাপ বিকিরণেব পূর্বমুহুর্তে আকাষে এই নক্ষত্রগুলি অতিকার রূপ ধারণ করিয়া বিকিরণ এলাকা বিস্তৃত করিয়া থাকে। 1918 খ্রিস্টাব্দে যে Nova Aquilaeকে তেজস্বী হইতে দেখা যায়, সেই Nova এব বহিরাবরণের ফটোগ্রাফ হইতে উপবোক্ত ধারণা করা হইয়াছে।

আমাদের Galaxy-তে কতকগুলি বিস্ফোরণশীল অতিকার নক্ষত্রের পবিচয় পাওয়া গিয়াছে। এই সমস্ত অতিকার নক্ষত্রকে Super nova বলে। যখন তাহাদের বিস্ফোৰণ ঘটে তখন তাহারা সূর্য অপেক্ষা লক্ষ লক্ষ গুণ জ্যোতির্ময় হইয়া থাকে এবং মহাশূন্যে এত গ্যাস ও উত্তপ্ত ভস্ম ছড়াইয়া দেয় যে সেই গ্যাসেব পবিমাণ সূর্যের বস্তুর পবিমাণকে ছড়াইয়া দেয়। গত 2000 বৎসবে প্রায় 6 অথবা 7টি Super nova এইভাবে বিস্ফোৰিত হইয়াছে। আমাদের আকাশেব ছায়াপথে (Milkyway) প্রতি 30 হইতে 60 বৎসবে একটি করিয়া Super nova-এব বিস্ফোৰণ ঘটে। খ্রীষ্টাব্দ 1572 অব্দে Tycho Brahe নামক ডেনমার্কের জ্যোতির্বিদ Cassiopeia নক্ষত্রেব এইরূপ বিস্ফোৰণ লক্ষ্য করিয়াছিলেন। সেই সময় ইহা শুক্র গ্রহেব (venus) মত উজ্জল হইয়া উঠিয়াছিল এবং অবশেষে 1574 খ্রিস্টাব্দে আবাব নিশ্চয় হইয়া নয় চোখেব দৃষ্টিতে অদৃশ্য হইয়া যায়।

Crab Nebula : নামে স্থিতিক আকাষেব একটি নেবুল। Taurus রাশিতে (Constellation of Taurus) অবস্থিত একটি Super nova-এব নিকটে বিস্ফোৰিত হইয়া গড়ে প্রতি বৎসব প্রায় $0''.2$ কৌণিক ব্যবধানেব গতিতে বৃদ্ধি পাইতেছে। Nebula-টির ব্যাস প্রায় 6' মিনিট। 3500 আলো বৎসব দূবে অবস্থিত Nebula-টির প্রকৃত ব্যাস 6 আলো-বৎসবেব সমান। Nebula-টির পার্শ্বস্থিত Supernova চীন দেশীয় জ্যোতির্বিদেবা 1054 খ্রিস্টাব্দেব জুলাই মাসে আবিষ্কার করেন। লোহিতবর্ণেব (red light) আলোব বস্মি ব্যবহার করিয়া Nebula-টির ফটোগ্রাফ গ্রহণ করা হইয়াছে।

১৬.৬. দ্বি-নক্ষত্র (Binary stars বা Double stars)

আকাশে এমন কতকগুলি নক্ষত্র আছে যে নগ্ন চোখে তাহাদের প্রত্যেকটিকে দেখিলে একটি গাঢ় নক্ষত্রই মনে হয় কিন্তু টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখা যায় যে প্রত্যেকটি প্রকৃতপক্ষে দুইটি নক্ষত্রের সমষ্টি। Great Dipper বাসিন্দা অন্তর্গত Mizar নক্ষত্রটি একটি Double star বা দুইটি নক্ষত্রের সমষ্টি। কোন কোন নক্ষত্রের আলোর বিশ্লেষণ-ফটোগ্রাফ অনুসন্ধান করিয়া জানা গিয়াছে যে তাহারা টেলিস্কোপে Double star রূপে দেখা না দিলেও প্রকৃতপক্ষে তাহারা Double star এই সমস্ত নক্ষত্রের বিশ্লেষণ-ফটোগ্রাফের লাইনগুলি নিয়মিত সময়ে (periodically) ইত্যন্ত নড়াচড়া করে। এ পর্যন্ত 40,000 double star-এর অনুসন্ধান পাওয়া গিয়াছে। এই সমস্ত double star-দের কোন কোনটির এমন বৈশিষ্ট্য আছে যে একটি double star-এর একাংশ অপনাবশকে কেন্দ্র করিয়া আবর্তন করে। যখন double star এর একাংশের আবর্তন-পথ আমাদের দৃষ্টপথেব বেষ্মান পবে তখন আমরা টেলিস্কোপে একটা অংশই দেখি এবং অপনাবশ আচ্ছন্ন থাকে। এই জন্ত এমন double star-কে eclipsing star বলে। প্রায় 2500টি eclipsing নক্ষত্রের অস্তিত্ব নির্ণয় করা হইয়াছে। টেলিস্কোপে যে সমস্ত double star-কে দুই অংশে বিভক্ত অবস্থায় দেখা যায় তাহা-দিগকে visual binary বলে। যে সমস্ত double star এর অস্তিত্ব আলোর বিশ্লেষণের সাহায্যে ধরা পড়ে তাহাদিগকে spectroscopic binary বলে। Binary নক্ষত্রসমূহের স্রষ্টা বহুত্ব সহজে পণ্ডিতদের নানা প্রকার মতভেদ আছে। Jeans, Eddington প্রভৃতি বৈজ্ঞানিক-দের মতে binary star প্রথমে একক অবস্থায় ছিল। তাবপব আপন মাধ্যাকর্ষণের চাপে নক্ষত্রটি সঙ্কুচিত হইতে আবস্ত করে। এই সময় অন্তর্ভাগ আঁকশিক সঙ্কোচনের ফলে বহির্ভাগেব আবরণ হইতে পৃথক হইয়া যায়। এই বহিরাবরণ পবে জমাট বাঁধিয়া অপব একটি নক্ষত্রে পরিণত হয়। এইভাবে একটি নক্ষত্র হইতে স্রষ্টা দুইটি নক্ষত্র পবম্পবকে কেন্দ্র করিয়া আবর্তন কবিতে থাকে।

Eclipsing নক্ষত্রদেব মধ্যে Algol বা Demon star-টি 1783 খ্রীস্টাব্দে সর্বপ্রথম আবিষ্কৃত হ'ব। অনুসন্ধান করিয়া দেখা যায় যে প্রতি 2 দিন 21 ঘণ্টা প'ব প'ব নক্ষত্রটিব আলোব উজ্জ্বলতা কমিয়া আসে। আলোব ফটোগ্রাফেব সাহায্যে প্রমাণ ক'বা হ'ব যে নক্ষত্রেব চাবিদিকে আব একটি নক্ষত্র আবর্তন অবস্থায় যখন টেলিস্কোপেব দৃষ্টিপথে বাধা সৃষ্টি ক'বে তখনই প্রথম নক্ষত্রেব উজ্জ্বলতা কমিয়া আসে। এই আবর্তনকাল 2 দিন 21 ঘণ্টা। Algol নক্ষত্রেব উজ্জ্বলত'ব নক্ষত্রটি সূর্যেব চেয়ে 27 গুণ বড। অপ'ব অংশটি সূর্য অপেক্ষা তৃতীয শ্রেণী'ব নিম্ন স্তরেব নক্ষত্র কিন্তু ইহা'ব ব্যাস অ'গবাংশেব ব্যাসেব চেয়ে $\frac{1}{8}$ বেশী। উড'ব নক্ষত্রেব কেন্দ্র'ব প্রায় 1.3 কোটি মাইল দূ'বে অবস্থিত।

১৬৭ নক্ষত্র-“পুঞ্জ” (Star Clusters)

আকাশেব অংশবিশেষে দেখা যায় যে কতকগুলি নক্ষত্র অল্প অংশেব নক্ষত্রগুলি'ব ভুলনায় অপেক্ষাকৃত কাছাকাছি অবস্থান ক'ব'বা এক একটি “পুঞ্জ” (Cluster) সৃষ্টি ক'ব'বাহে। একটি নক্ষত্রপুঞ্জেব নক্ষত্রগুলি'ব গোষ্ঠীগত গতিবিধি'ব প্রকৃতি লক্ষ্য ক'ব'বা বৈজ্ঞানিকে'বা মনে ক'বেন যে আদিকালে এক একটি বিশাল গ্যাসেব পিণ্ড বা মেঘ হইতে এক একটি নক্ষত্রপুঞ্জ একই সময়ে সৃষ্টি হইয়াছে। একটি নক্ষত্রপুঞ্জেব নক্ষত্রগুলি মোটামুটি সূর্য হইতে একই দূ'বে অবস্থিত এবং তাহা-দেব বয়স একই-রূপ (যদিও তাহাদেব আবর্তন সকলক্ষেত্রে একরূপ নহে)। আমাদেব Galaxy ছাড়া অন্যান্য Galaxy-তেও এমন “নক্ষত্র-পুঞ্জ” আছে।

নানা প্রকা'বেব “নক্ষত্রপুঞ্জ” আছে। Perseus-এব “বি-পুঞ্জ” (double cluster) আমাদেব Galaxy নিকটে আছে বলি'বা এই নক্ষত্রপুঞ্জকে Galactic cluster বলে। ইহা'বা ছাবাপথেব তিতবে কিংবা পার্শ্বে অবস্থিত। Hercules বাশি'ব অন্তর্গত M13 নামক নক্ষত্রপুঞ্জকে Globular নক্ষত্রপুঞ্জ বলে। এই প্রকা'ব নক্ষত্রপুঞ্জ ডিঢা-কৃতি এবং Galactic cluster অপেক্ষা অধিক নক্ষত্রে সম্বিষ্ট এবং অধিকত'ব উজ্জ্বলত'ব। Taurus বাশি'ব অন্তর্গত Pleiades বা Seven

sister নামক নক্ষত্রপুঞ্জ অনেকের নিকট পরিচিত। ইহাব উজ্জ্বলতম নক্ষত্রগুলি নগ্ন চোখে দেখা যায়। V-আকারের Hyades নক্ষত্রপুঞ্জ, Coma Berenices নক্ষত্রপুঞ্জ, Cancer বাশিব অন্তর্গত Praesepe (Beehive) নক্ষত্রপুঞ্জ Galactic cluster-এর অন্তর্গত এবং আমাদের ছাষাপথের ভিতরে অথবা পার্শ্বে অবস্থিত। ছাষাপথের ফটোগ্রাফে এই সমস্ত নক্ষত্রপুঞ্জের ছবি স্পষ্ট দেখা যায়। সূর্য হইতে প্রায় 20,000 আলো-বৎসরের দূরত্বে মধ্যে এই Galactic নক্ষত্রপুঞ্জগুলি ছড়াইয়া আছে। Ursa Major “নক্ষত্রপুঞ্জ”-এর ভিতর Great Dipper নামক উজ্জ্বল নক্ষত্র ছাড়া উক্ত বাশিব অনেকগুলি স্বল্পোজ্জ্বল নক্ষত্র আছে। এই Galactic নক্ষত্রপুঞ্জ ছাড়া দ্বিতীয় শ্রেণীর গোলাকার নক্ষত্রপুঞ্জ (Globular cluster) আমাদের Galaxy-এর অনতিদূরে পাওয়া গিয়াছে। দক্ষিণ দিকে Omega Centauri নক্ষত্রপুঞ্জ উজ্জ্বল। উত্তর অঞ্চলের Hercules নক্ষত্রের নিকটে M 13 নামক গোলাকার নক্ষত্রপুঞ্জ সর্বাধিক উজ্জ্বল। ইহা 45° স্থানীয় অক্ষাংশের অঞ্চলে গ্রীষ্মকালে সন্ধ্যাবেলায় আকাশে মেরিডিয়ানে প্রায় নগ্ন চোখে দেখা যায়। Serpens নক্ষত্রের নিকটে M5 নামক নক্ষত্রপুঞ্জটি এবং Sagittarius নক্ষত্রের নিকটে M 55 নামক নক্ষত্রপুঞ্জকেও কখনও কখনও দেখা যায়। M 13 নক্ষত্রপুঞ্জকে বৃহৎ টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখিলে বিশাল একটি chrysen themum ফুলের মত মনে হইবে। ইহাব ব্যাস প্রায় 160 আলো-বৎসরের মত এবং ইহাব দূরত্ব 30,000 আলো-বৎসর। অনুমান করা হয় যে এই নক্ষত্রপুঞ্জে কমবেশী 500,000 নক্ষত্র আছে এবং এই নক্ষত্রগুলির প্রত্যেকের মধ্যে সূর্যের চেয়ে বেশী বস্তুর পবিমাণ বিদ্যমান।

১৬৮ নেবুলা (Nebulae)

আকাশের স্থানে স্থানে খণ্ড খণ্ড মেঘের মত অস্পষ্ট আলোকিত অংশ চোখে পড়ে। এগুলিকে বৈজ্ঞানিকেরা (Nebula) নেবুলা নাম দিয়াছেন। ইহাদের কতকগুলি প্রকৃতপক্ষে নক্ষত্রপুঞ্জ বলিয়া প্রমাণ হইয়াছে। নক্ষত্র জগতের শূন্যস্থান ব্যাপিবা যে গ্যাস ও ভষ্মবাশি ছড়াইয়া

থাকে কিংবা কোন উত্তম নক্ষত্রকে ঘিঁষিযা যে উত্তম গ্যাস নক্ষত্রকে আচ্ছন্ন করিয়া থাকে সেই গ্যাসকে আমরা নেবুলাস্কে দেখি।

Orion Constellation-এ (কালপুরুষ) যে নেবুলাব সমান পাওযা গিয়াছে তাহা এই বাশিৰ অন্তর্গত সমবেথ তিনটি নক্ষত্ৰেব নিকটে অবস্থান কৰিতেছে। টেলিস্কোপে ইহাকে সবুজ বংগেব মেঘেব মত দেখাব। ফটোগ্রাফেব সাহায্যে দেখা যায় যে 1600 আলো-বৎসৰ দূৰে অবস্থিত এই নেবুলা 26 আলো-বৎসৰ দূৰত্ব ব্যাপিয়া বিস্তৃত স্থান অধিকার কৰিয়া আছে। নেবুলা হইতে আমবা যে আলো পাই প্রকৃতপক্ষে নেবুলাব মধ্যস্থিত কোন নক্ষত্ৰেব আলো দ্বাৰা উহা আলোকিত হব বলিযাই আমবা নেবুলাকে আলোকিত দেখি। আবার নেবুলাব নিকট-বৰ্তী কোন উত্তম নক্ষত্ৰেব তাপে নেবুলাব জন্ম বা গ্যাস সৰ্বদাই বৈদ্যুতিক আধনে (ion) পরিণত হব। এই বৈদ্যুতিক পরিবর্তনেব সময় যে আলো নির্গত (emission) হব তাহাও নেবুলাকে আলোকিত কৰে। কালপুরুষেব অন্তর্গত নেবুলাব আলো এইভাবে আমাদেব পৃথিবীতে আসে। কোন কোন নেবুলাব নিকটে বা অভ্যন্তরে কোন নক্ষত্র নাই। এই সমস্ত নেবুলা সাধাবণতঃ অন্ধকাৰাচ্ছন্ন। কিন্তু দূৰেব কোন নক্ষত্ৰেব আলো যদি ক্ষীণ হইবা আসে তাহা হইলে এই ক্ষীণ আলোব পটভূমিকাব আমবা অন্ধকাৰাচ্ছন্ন নেবুলাকে দেখিতে পাই।

১৬.৯ Galaxy—ছায়াপথ (Milkyway)

আমাদেব আকাশেব এক প্রান্ত হইতে অপব প্রান্ত জুড়িযা যে অস্পষ্ট ছায়াগিম্বিত যে আলোব বেষ্ট (belt) দেখা যায় তাহাকে ছায়াপথ (Milkyway) বলে। অসংখ্য নক্ষত্ৰেব আলোকে আলোকিত এই ছায়াপথ গ্রীষ্মকালে উত্তর-পূর্ব হইতে দক্ষিণ-পশ্চিম দিকে আকাশেব এক প্রান্ত হইতে অপব প্রান্ত পর্যন্ত জুড়িযা থাকে। এই ছায়াপথেব মধ্য এলাকা বরাবর একটা বেখা টানিলে ইহা প্রায় মহাগোলকেব (celestial sphere) উপর মহাস্থলের (great circle) মত দেখায়। ছায়াপথটি মহাবিবুবেব সহিত হেলানো অবস্থান আছে। ইহা Perseus, Cassiopeia এবং Cepheus-এব মধ্য দিয়া গিয়াছে।

শীতকালের শেষের দিকে ছাষাপথ আকাশে উত্তর-পশ্চিম প্রান্ত হইতে দক্ষিণ-পূর্ব দিকের প্রান্ত পর্যন্ত বিস্তৃত হয়। ছাষাপথের সর্বত্র বের্টেল্লির প্রস্থ একরূপ নহে। 1920 হইতে 1930 খ্রিস্টাব্দের মধ্যে বৈজ্ঞানিকেরা আবিষ্কার করেন যে আমাদের সৌরজগৎ ছাষাপথের কেন্দ্রস্থল হইতে প্রায় 30,000 আলো-বৎসরের দূরত্বে অবস্থিত। আমাদের Galaxy-তে প্রায় 100,000,000,000 নক্ষত্রের অস্তিত্ব অনুমান করা হয়। ইহায গোলাকার কেন্দ্র অঞ্চলের উভয় দিকে প্রায় 80,000 আলো বৎসর বিস্তৃত অঞ্চল জুড়িয়া আছে। এই কেন্দ্র অঞ্চল হইতে উদ্ভূত spiral এর মত হইয়া ছাষাপথের অংশবিশেষ বাহিবে ছড়াইয়া পড়িয়াছে এই spiral অংশের মধ্যে সূর্য এবং অগ্ন্যগ্ন অনেক সহস্র নক্ষত্র অবস্থান করিতেছে। 1957 খ্রিস্টাব্দে ইটালীয় বোম্ব শহরে জ্যোতির্বিদদের এক কন্ফারেন্স আহ্বত হয়। সেই কন্ফারেন্সে পণ্ডিতেরা Galaxy-তে অবস্থিত নক্ষত্রগুলির প্রকাষভেদ আলোচনা করিয়া এক প্রামাণ্য তথ্যপূর্ণ রিপোর্ট বাহির করেন। পণ্ডিতদের মতে Galaxy-এর বহির্ভাগে অবস্থিত নক্ষত্রগুলি অপেক্ষাকৃত অধুনাকালে সৃষ্টি হইয়াছে এবং কেন্দ্রস্থ নক্ষত্রগুলি অপেক্ষাকৃত পুরাতন কালে সৃষ্টি হইয়া থাকিবে।

যদি ছাষাপথের কেন্দ্রাঞ্চলের ববাবব মহাবস্তুকে মূল ধবিষা উহান পোলবিন্দুঘর হইতে মহাবস্তুটিব দিকে ক্রমশঃ নক্ষত্র বসতিব ঘনত্ব লক্ষ্য কবা যাব তাহা হইলে দেখা যাইবে যে পোল-অঞ্চলে বসতি বিবল অবস্থা বিরাজ কবে এবং ছাষাপথের নিকটবর্তী এলাকায নক্ষত্রের বসতি ক্রমেই ঘন হইয়া আসিযাছে। ছাষাপথের ববাবব নক্ষত্রের ভিড দেখিযা মনে হয় যেন আমাদের Galaxy ছাষাপথের পোল-বিন্দুব দিকে অনেকটা চ্যাপ্টা হইয়া গিযাছে এবং ছাষাপথের দিকে বেশী বিস্তৃত হইযাছে। ফলে যখন আমবা ছাষাপথের দিকে লক্ষ্য কবি তখন প্রকৃতপক্ষে Galaxy-এব বহুদূর বিস্তৃত এলাকায দিকে চুটিপাত কবিযা থাকি। ফলে অধিক সংখ্যক নক্ষত্রের দিকে আমাদের চুটি নিবন্ধ হব। এইভাবে ছাষাপথের বেল্ট দেখা যাব।

Galaxy-এর কেন্দ্রাঞ্চলের উত্তর পার্শ্বে একই সমতলে গ্যাসের কুণ্ডলী-
মত Galaxy-এর দুইটি অংশ ছড়াইয়া পড়িয়াছে। 1951 খ্রিস্টাব্দে এই
সত্য প্রমাণিত হয় যে বহির্বিষয়ের অন্ত্য Galaxy-এর মতই আমাদের
Galaxy-ব চেহারা কুণ্ডলী-ব।

Galaxy-র কেন্দ্রীয় অংশ চ্যাপ্টা। ইহা হইতে মনে হয় যে Galaxy
আবর্তন বত অবস্থায় আছে। স্বর্ষের নিকটবর্তী প্রায় সকল নক্ষত্রই
কমপক্ষে ২০ কিলোমিটার/সেঃ গতিতে মহাশূন্যে স্থান-পরিবর্তন
করিতেছে। ইহা ছাড়া কিছু সংখ্যক নক্ষত্র প্রায় সেকেন্ডে 60 কিলো-
মিটার বেগে স্থান পরিবর্তন করিতেছে। এই সমস্ত নক্ষত্র Galaxy-ব
আবর্তনে অংশ গ্রহণ করিতেছে। বর্তমান কালে Radio Astronomy-ব
সাহায্যে Galaxy সম্বন্ধে অনেক নূতন তথ্য জানা সম্ভব হইয়াছে।
Galaxy-ব আবির্ভাব সম্বন্ধে পণ্ডিতদের মত এই যে বিলিয়ন বিলিয়ন
বৎসর পূর্বে এক প্রকাণ্ড অগ্নিময় বিস্ফোরিত হাইড্রোজেন গ্যাসের
বিশাল এক মেঘ প্রথমে আপন কেন্দ্রের চারিদিকে আবর্তন করিতে
আবৃত্ত করে। আদি মেঘ ক্রমে কিছুটা ঘনীভূত হইয়া আসিবার সময়
হঠাৎ ভাঙিয়া অসংখ্য ক্ষুদ্রাকার মেঘের স্রষ্ট হয়। এই মেঘগুলি
আদি মেঘের আবর্তন তলের বরাবর আবর্তন করিতে থাকে। ইহারা
পরে ঠাণ্ডা এবং ঘনীভূত হইয়া Galaxy-ব স্রষ্ট করে। Galaxy স্রষ্ট
হওয়ার পবণ্ড যে সমস্ত মেঘ অবশিষ্ট বহিরা গিয়াছিল তাহারা নানা
প্রকার নক্ষত্রের cluster-এ পবিত হয়।

১৬১০. বহির্বিষয়ের Galaxy

পৃথিবীর স্বহস্তম টেলিস্কোপের সাহায্যে মানুষ মহাশূন্যের যতদূর
পৰ্বত দেখিতে সমর্থ হইয়াছে তাহাতে একাধিক Galaxy-ব সম্ভান
পাওয়া গিয়াছে। আমাদের Galaxy-ব বাহিরে আবণ্ড অনেক Galaxy
আছে। ইহাদের কোনটি উপস্থিতাকার (elliptic), কোনটি কুণ্ডলী-ব
এবং কোন কোনটি বিষমাকৃতি বিশিষ্ট। উপস্থিতাকার Galaxy-গুলি
দেখিতে (টেলিস্কোপের সাহায্যে) elliptic থালাব মত মনে হয়।
এই Galaxy-গুলি নক্ষত্রসমূহের সমষ্টি। উহার স্বচ্ছ এবং উহাদের

চারিদিকে কোন ভাষ দেখা যায় না। নক্ষত্রগুলি থালার কেন্দ্রস্থলে বেশী ঘনীভূত হইয়া থাকে। কুণ্ডলীৰং Galaxy-গুলির কেন্দ্রাঞ্চল চশমাব লেন্সেব মত কিন্তু এই লেন্সেব উভয় দিক হইতে নক্ষত্র স্রোত নির্গত হইবা কেন্দ্রাঞ্চলকে কষেকবাব একইভাবে বেটন করিবা আছে। হাতেব মত বাহিবেব নক্ষত্র-স্রোত অপেক্ষা কেন্দ্রস্থল বেশী আলোময় এবং অধিক নক্ষত্রে সজ্জিত। The great spiral of Andromeda M13 নামক Galaxyটি Andromeda নক্ষত্রেব অবস্থানেব দিকে দেখা যায় (অবশ্য টেলিস্কোপেব সাহায্যে)। ইহাই বোধ হয় আমাদেব Galaxy-ব বাহিবে নিকটতম Galaxy। নগ্ন চোখে অস্পষ্ট ছোট এক টুকরা মেঘেব মত Galaxy-টিকে দেখা যায়। ইহা Galaxy-ব কেন্দ্রস্থল। অস্পষ্ট ধাবেব অংশেব ফটোগ্রাফ সহজেই গ্রহণ কবা যায়। প্রায় 22,00,000 আলো বৎসর দূবে অবস্থিত এই Galaxy 180,000 আলো বৎসর স্থান জুড়িবা বিস্তৃত হইবা আছে। এই কুণ্ডলীৰং Galaxy-ব আশেপাশে অনেক star-cluster বা নক্ষত্রপুঞ্জেব অস্তিত্ব আবিষ্কার হইবাছে।

Andromeda galaxyটি আমাদেব Galaxy অপেক্ষা বড় হইলেও অগ্রাগ্র বিশেষত্বে আমাদেব Galaxy-ব সহিত ইহাব সাদৃশ্য আছে। আমাদেব Milkyway বা ছাষাপথেব কিছু কিছু তথ্য দূরবর্তী এই Galaxy-ব জ্ঞান হইতে আহবণ কবাব প্রচেষ্টা চলিতেছে।

কতকগুলি Galaxy-কে আমবা (টেলিস্কোপেব ভিতব দিবা) শুধু মাত্র এক ধাব হইতে (edgewise) দেখিতে পাই। এই সমস্ত Galaxy-কে Edgewise spiral বলে। এই সমস্ত Galaxy-র কেন্দ্রস্থলকে চ্যাপ্-টা দেখা যায়। ইহা ছাড়া অনেক ক্ষেত্রে Galaxy-ব মাঝখানে একটা কাল streak লক্ষ্য কবা গিবাছে।

১৬১১ The Magellanic clouds

দক্ষিণ মেঘতে ঞ্চবনক্ষত্রেব নিকটে বহির্বিংশেব দুইটি Galaxy- নগ্ন চোখে দেখা যায়। Ferdinand Magellan নামক নাবিক সর্ব

প্রথম এই Galaxy দুইটি লক্ষ্য করেন বলিবা। ইহাদিগকে The Magellanic clouds বলে। ইহাদের মধ্যে বৃহত্তম Galaxyটি Dorado রাশির নিকটে প্রায় 150,000 আলো বৎসর দূরে 32,000 আলো বৎসর ব্যাস বিস্তৃত স্থান জুড়িয়া আছে। Galaxy দুইটি বিবক্ষাকৃতির Galaxy-সমূহেব অন্তর্ভুক্ত।

আমাদের Galaxy-তে যেমন Nova এবং Supernova-কে মাঝে মাঝে বিস্ফোরিত হইতে দেখা যায় তেমনি বহির্বিশ্বে Galaxy-গুলিতেও Nova এবং Supernova-র বিস্ফোরণ ঘটে। 1929 খ্রিস্টাব্দ পর্বন্ত বৈজ্ঞানিক Hubble, Andromeda-র M31 Galaxy-র অন্তর্গত 82 novae-র সন্ধান পাই। বহির্বিশ্বে Galaxy-তে যে সমস্ত Super nova-ব অনুসন্ধান পাওয়া গিয়াছে তাহাৰা স্বৰ্ব অপেক্ষা আবতনে এবং বৃহৎ পরিমাণে অনেক বড়। অনুমান করা হব যে প্রত্যেক Galaxy তেই প্রতি 200 বৎসরে প্রমত্তঃ একটী করিবা Supernova-ব বিস্ফোরণ ঘটনা থাকে।

Galaxy হইতে প্রাপ্ত আলোকের বিশ্লেষণ-কটোগ্রাফে লোহিত বর্ণের আলোকের স্থান পরিবর্তন (red shift) লক্ষ্য করা গিবাছে। বৈজ্ঞানিক Hubble বর্ণের স্থান পরিবর্তনের সহিত Galaxy-র দূরত্ব এবং সরল গতির মধ্যে একটী সম্বন্ধ খুঁজিবা পান। এই স্থান পরিবর্তন Doppler effect এর জন্ম সংঘটিত হয় এবং যে সরল গতিৰ জন্ম এই স্থান পরিবর্তন দেখা যায় তাহার পরিমাণ প্রতি সেকেন্ডে 700 হইতে 38,000 মাইলের মধ্যে। এই লোহিত বর্ণের আলোক স্থান পরিবর্তনের সহিত ক্রমবর্ধমান বিশ্ব (expanding universe) সম্বন্ধ আছে বলিবা বৈজ্ঞানিকগণ মনে করেন। তাহারা মনে করেন যে বিশ্ব ক্রমশঃ বাড়িবাই চলিয়াছে। Galaxy-গুলি দূর হইয়া সহিত ইহাদের বর্ণ ক্রমশঃ লোহিত হইবা যাওয়া হইতেও ক্রমবর্ধমান বিশ্বের কল্পনা করা হব। কেদ্রি জ বিশ্ববিদ্যালয়ের বৈজ্ঞানিক Fred Hoyle-এর মতে বিশ্বে অবিরত নূতন হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইতেছে এবং ঘনত্বের (density) সহিত সংগতি বক্ষাব জন্ম সেই অনুপাতে বিশ্বও ক্রমশঃ বাড়িবা বাইতেছে। এক্ষণে বিশ্বে শেষ নাই এবং আরম্ভ নাই।

সপ্তদশ অধ্যায় জ্যোতিষ্কের সহিত পরিচয়

১৭.১. ভূমিকা

আমরা এই অধ্যায়ে আমাদের নূতন পাঠকের সুবিধার্থে আকাশের চিহ্ন পৰিচিত জ্যোতিষ্কগুলির অবস্থান এবং উহাদের সন্ধান পাইবার উপায় সম্বন্ধে বর্ণনা করিব। বাতের মেঘমুক্ত আকাশে আমবা যে অপূর্ব তাবকা বাশিব শোভা দেখিতে পাই তাহা পুৰাতনকাল হইতেই মানুষকে বিশ্বাসে অভিভূত করিয়া রাখিয়াছে। আকাশের দিকে তাকালে কয়েক সহস্র তাবকা বা নক্ষত্র আমাদের চোখে আসে। শুধুমাত্র একটি “বাইনোকুলার” (Binocular)-এব সাহায্যে আমবা সহজেই আকাশে বিভিন্ন “বাশি” (Constellation) এবং নক্ষত্রগুলিকে চিনিতে পারি। এমন কি বাইনোকুলার ছাড়াও খালি চোখে অনেক নক্ষত্রের অবস্থান নির্ণয় করিতে পারি। আমবা এই অধ্যায়ে পর্যায়ক্রমে নক্ষত্রগুলির সহিত পাঠকে পরিচয় করিয়া দিব।

১৭.২. নক্ষত্রের নামকরণ

সুবিধার জন্ত নক্ষত্রগুলিকে কতকগুলি গ্রীক অক্ষরের দ্বারা চিহ্নিত করা হইয়াছে। যদিও নক্ষত্রের উজ্জ্বলতাব উপর ভিত্তি করিয়া ক্রমিক সংখ্যার সাহায্যে তাহাদের প্রকারভেদ করা হইয়াছে এবং অনেকগুলি নক্ষত্রের নিজস্ব নামও আছে তথাপি সহস্র সহস্র নক্ষত্রগুলির ক্যাটালগ তৈয়ারি করিতে গেলে এত নাম পাওয়া সম্ভব নহে। সেইজন্ত 1603 খ্রীষ্টাব্দে জার্মান জ্যোতিবিদ Bayer নক্ষত্রগুলিকে স্বীয় “বাশিচক্রে” উজ্জ্বলতাব তাবতম্যানুসারে α , β , γ ইত্যাদি চিহ্ন দ্বারা ক্যাটালগ-ভুক্ত করিয়াছিলেন। যেমন বাশিচক্রেব উজ্জ্বলতম নক্ষত্র হইতে আরম্ভ করিয়া অধঃক্রমানুসারে α , β , চিহ্নে চিহ্নিত করেন। Canis Major এবং উজ্জ্বলতম নক্ষত্র Sirius-কে α -Canis Major বলা হয়। পুৰাতন কালে

নক্ষত্রগুলিকে কতকগুলি “গ্রুপে” ভাগ করা হইয়াছিল এবং প্রত্যেক গ্রুপকে কোন “দেবতা” (mythological god) অথবা “বীর” (hero—Orion, Perseus, Cepheus) কিংবা কোন জন্তর (Great Bear, Leon বা Leo) নামের সহিত সংযুক্ত করা হইত। 120 হইতে 180 খ্রীস্টাব্দের মধ্যবর্তী সময়ে Ptolemy (টলেমী) নামক গ্রীক জ্যোতিষবিদ এক গ্রন্থ প্রণয়ন করেন। এই গ্রন্থের আরবী নাম “Almagest”। ইহাতে 48টি “রাশি” (constellation)-এব ক্যাটালগ প্রস্তুত করা হইয়াছিল। এক্ষণে এই তালিকা আরও বাড়ানো হইয়াছে। আমরা প্রথমে উত্তর-কাশের 15 টি উজ্জ্বলতম নক্ষত্রের এবং সেই সঙ্গে রাশিগুলির তালিকা (আংশিক) সন্নিবেশিত করিব।

নক্ষত্র	রাশি	বঃ	দূরত্ব (আঃ বঃ)	সূর্যের তুলনায় অগ্নিস্বর
Sirius	Canis Major	সাদা	8.6	26
Arcturus	Bootes	কমলা	36	80
Vega	Lyra	নীল	26	52
Rigel	Orion	সাদা	900	50,000
Capella	Auriga	হলুদ	45	140
Procyon	Canis Minor	হলুদ (হাস্তা)	11	7
Altair	Aquila	সাদা	16	10
Aldebaran	Taurus	কমলা	68	90
Behelgeux	Orion	লাল (হাস্তা)	520	5000
Anlores	Scorpio	লাল	520	5000
Spica	Virgo	সাদা	220	2400
Fomalhaut	Piscis Australis	সাদা	23	23
Polux	Gemini	কমলা	35	25
Deneb	Cygnus	হলুদ (হাস্তা)	1600	50,000
Regulus	Leo	সাদা	84	140

রাশির তালিকা (আংশিক)

ল্যাটিন নাম	ইংরাজী ও বাংলা নাম	ল্যাটিন নাম	ইংরাজী ও বাংলা নাম
Andromeda	Andromeda	Crator	Cup
Aquarius	Water-bearer	Cygnus	Swan
Aquila	Eagle	Delphinus	Dolphin
Aries	Ram (মেঘ)	Draco	Dragon
Auriga	Charioteer	Equuleus	Little Horse
Bootes	Herdsmen	Gemini	Twins
Camelopardus	Giraffe	Hercules	Hercules
Cancer	Crab	Hydra	Sea-Serpent
Canes Venatici	Huntingdogs	Leo	Lion
Canis Major	Great Dog	Libra	Scales
Canis Minor	Little Dog	Lynx	Lynx
Capricornus	Sea goat	Lyra	Lyre
Cassiopeia	Cassiopeia	Orion	Orion (কালপুরুষ)
Cepheus	Cepheus	Perseus	Perseus
Cetus	Whale	Pisces	Fishes (মৎস্য)
Coma Berenices	Berenice's Hair	Sagittarius	Archer
Corona Borealis	North Crown	Scorpio	Scorpion (বৃশ্চিক)
Cornus	Crow	Taurus	Bull (বৃষ)
		Ursa Major or Minor	Great or Small Bear
		Virgo	Virgo

১৭৩- আন্তরীণ নক্ষত্র (Circumpolar stars)

কোন অজানা শহরের সহিত পরিচিত হইতে হইলে প্রথমে কবেকটি প্রধান বস্তুকে খুজিয়া লইতে হয় এবং উহাদিগকে মূল হিসাবে লইয়া শহরের অন্যান্য স্থান সমূহের জ্ঞান লাভ করিতে হয়। আকাশেও

সেইরূপ সহজেই চেনা যায় এমন কতকগুলি অঞ্চলকে বাছিয়া লইতে হয়। আমাদের আকাশে Ursa Major (Great Bear) অতি প্রযোজনীয় নক্ষত্রমণ্ডল কেননা ইহা কখনই অস্ত যায় না এবং ব্যতিকালে যে-কোন সময়ে উত্তরাকাশে ইহাকে দেখিয়া সহজেই চেনা যায়। অপব একটি হইল “কালপুরুষ” (Orion)। ইহাব তিনটি সমবেধ (collinear) নক্ষত্র কখনই কেহ দেখিতে ভুল করিবে না। কালপুরুষ শীতকালে আমাদের আকাশে থাকে। প্রথমে আমরা উত্তরাকাশে “অন্তহীন” (circumpolar) নক্ষত্রমণ্ডলের দিকে লক্ষ্য করি।

(ক) URSA MAJOR (Great Bear)

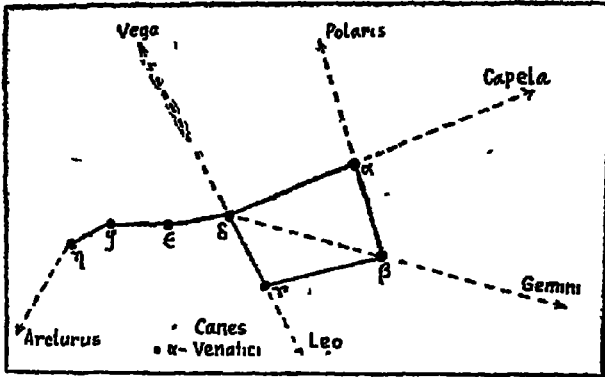
ইহা অতি পুরাতন একটি “রাশি” (constellation) এবং Ptolemy-র তালিকাভুক্ত ৪৮ টি রাশির মধ্যে একটি। কপকথার “Ursa Major-এর নাম ছিল Callisto। যে Arcadia-র রাজা Lycaon-এর কন্যা Juno-দেবীর সেবায নিযুক্ত ছিল। তাব রূপের জ্ঞান সে দেবীর ঈর্ষাভাজন হয় এবং অবশেষে বৃহস্পতি (Jupiter) তাহাকে রক্ষা করিয়া ভল্লুকের রূপ দান করে। তাবপব Callisto নিজ সন্তান Arcas কঙ্ক জঙ্গলে আচ্ছাদিত হয়। অবশেষে বৃহস্পতি Arcas-কেও “ছোট ভল্লুকে” (Little Bear) পবিণত করে এবং উভয় জাতকে আকাশে স্থান দেয়।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আঃ বঃ)
ϵ Alioth	2	68
α -Dubhe	—7	107
δ γ γaid	—2.1	210
ζ -Mizar	.1	88
β -Merak	.5	78
γ -Phad	.2	90

উপরোক্ত ছবিটি নক্ষত্র মিলিয়া একটি লাঙ্গলের (The Plough) চেহারা করনা করা হইয়াছে। উহার হাতলে Binary নক্ষত্র ζ -Mizar

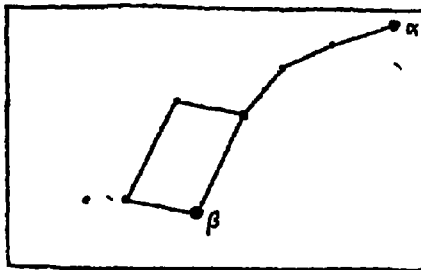
অবস্থিত। Dubhe একটি-হাঙ্গা হলদে বর্ণের নক্ষত্র (বাইনোকুলারের সাহায্যে বুঝা যায়)। δ -Megrez নামক Ptolemy-র সময় অল্প নক্ষত্রের মতই দেখাতো। গত 2000 বৎসরে ইহা কিছুটা নিম্নতর হইয়া থাকিবে।



(খ) URSA MINOR (Little Bear)

ইহাও Alamgest বর্ণিত একটি বাশি। এই বাশিতে Polaris নক্ষত্র (ঋষতারা) অবস্থিত।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α -Polaris	-4 6	680
β -Kocab	-0 5	105

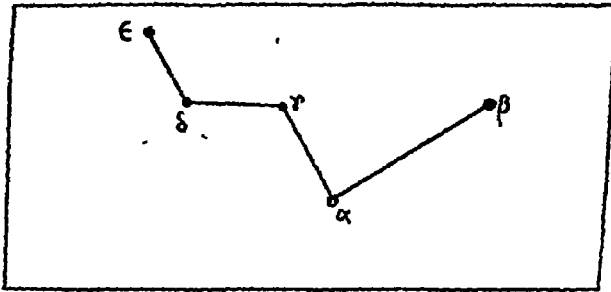


Ursa Minor সহজেই খুঁজিয়া বাহির করা যায়। Ursa Major এর দুইটি নক্ষত্র α -Dubhe এবং β -Merek-এর সংযোজক সরলরেখা

Polaris-এর দিকে গিয়াছে। Kocab-এর ঘন কমলা রং সহজেই ধরা যাব।

(গ) CASSIOPEIA

Almagest-এ বর্ণিত এই রাশিটি উত্তরাকাশেব একটি অত্যন্তম বাশি।
 নক্ষত্রাংশ—“রাজ্য Cepheus-এর পত্নী রাণী Cassiopeia অত্যন্ত অহঙ্কারী ছিল। তার মতে কন্যা Andromeda-র মত সুন্দরী মেয়ে আব কেহই ছিল না। এমনকি জলদেবীদের চেয়েও নিজ কন্যাকে সে সুন্দরী মনে কবিত। ইহাতে জলদেবতা Neptune এক অতিক্রম দৈত্যকে Cepheus এর রাজ্য ধ্বংস কবিতে পাঠাইল। রাজা ও রাণী বিপদে পড়িয়া Oracle-এর শরণাপন্ন হইল। কিন্তু Oracle-এর কাছে তাহারা জানিতে পারিল যে Andromeda-কে শুষ্কলাবদ্ধাবস্থায় সমুদ্রের ধারে দৈত্যের মুখে ফেলিয়া না দিলে বাজ্যেব কোন মঙ্গল নাই। বাহা হউক সৌভাগ্যক্রমে বীর Perseus-এব সাহায্যে Andromeda বন্ধা পাইল।”



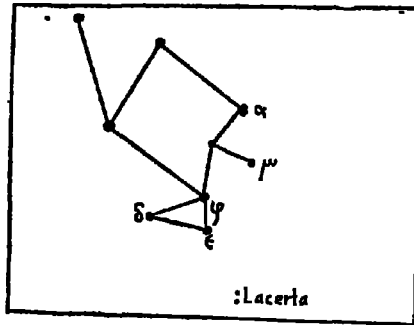
নক্ষত্র	উচ্চলতা	দূরত্ব	ε সহ পাঁচটি নক্ষত্র W এর প্যাটার্ন সৃষ্টি কবিয়াছে। Aloth—Polaris সংযোগ- কারী বেষ্মার দিকে Cassiopeia অবস্থিত। খালি চোখে ইহাকে চিনিতে কোন কষ্ট হয় না।
α-Shedir	—1.1	156	
β-Chaph	1.6	45	
γ-Tsh	—0.3	96	
δ-Ruchbah	2.1	73	

Shedir একটি binary নক্ষত্র এবং ইহাৰ সহচৰ অপেক্ষা সামান্য উজ্জ্বলতৰ। ছাৰাপথ Cassiopeia-ৰ মধ্য দিযা গিয়াছে। বাইনোকুলানেৰ সাহায্যে এই অঞ্চলে অসংখ্য নক্ষত্ৰমণ্ডলী দেখা যায়।

(ঘ) CEPHEUS

Almagest বৰ্ণিত বাশি। কপকথাৰ “Cepheus, Cassiopeia-ৰ স্বামী এবং Andromeda-ৰ পিতা”। আকাশে জীব মত উজ্জ্বল দেখাৰ না।

নক্ষত্ৰ	উজ্জ্বলতা	দূৰত্ব
α -Alderamin	1 4	52



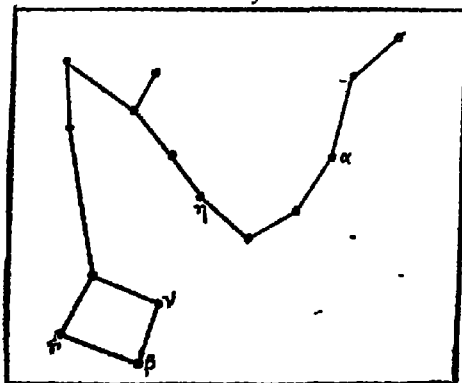
এই বাশিৰ অংশবিশেষ Cassiopeia এবং Polaris-এৰ মध्ये অবস্থিত। Cassiopeia-তে অবস্থিত Shedir এবং Tsih নক্ষত্ৰেৰ সংযোগ বেখাৰ দিকে এই বাশিকে পাওযা যাইবে। δ -Cephei উহাৰ প্ৰতিবেশী ϵ এবং ζ -এৰ সহিত ত্ৰিভুজ বৰ্ণনা কৰে। ϵ এবং ζ দুইটি সাধাৰণ নক্ষত্ৰ কিন্তু δ Cephei একটি double star, আৰু একটি নক্ষত্ৰও (μ) একটি double star ইহাকে নগ্ন চোখে দেখা না গেলেও বাইনোকুলানেৰ সাহায্যে ইহাৰ লাল বংকে চমৎকাৰ দেখায।

(ঙ) DRACO (Dragon)

Almagest বৰ্ণিত বাশি। কপকথান্ন—“Hesperides বাগানেৰ পাহাৰাৰ নিযুক্ত দ্ৰাগনেৰ কাজ ছিল সোনাৰ আপেল বন্ধা কৰাব। Hercules এসে এই দ্ৰাগনকে হত্যা কৰে।”

Draco বাশিটি আকাশে তেমন উজ্জল দেখায় না। ইহার উজ্জল নক্ষত্র γ এবং β , Lyra রাশির অন্তর্গত Vega নক্ষত্রের নিকটে অবস্থিত। বাশিটি Ursa Minor-এর চারিদিকে কুণ্ডলীক আবর্তন করিয়া Dubhe এবং Polaris-এর মধ্যে শেষ হইয়াছে। ভ্রাগনের মাধ্যমে অবস্থিত ν নক্ষত্রটি একটি double star এবং বাইনোকুলারের সাহায্যে সহজেই ইহার সহচরকে দেখা যায়।

নক্ষত্র	উজ্জলতা	দূরত্ব
ν -Eltamin	-0.4	108
η Aldhibain	0.3	103
β -Alwaid	-2.1	310



১৭.৪. শীতকালীন নক্ষত্রসমূহ

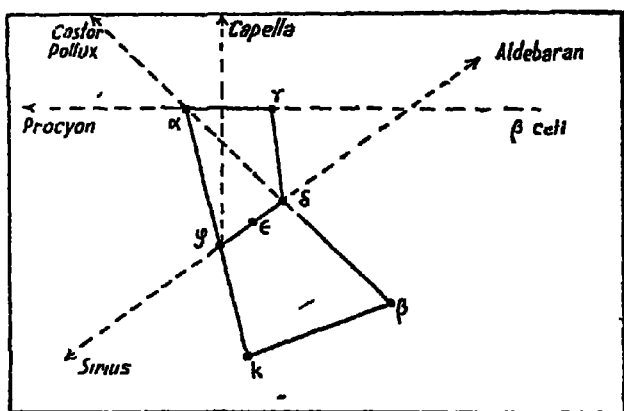
নক্ষত্রের সহিত পবিচিত হইবার উৎকৃষ্ট সময় শীতকাল। Ursa Major ছাড়াও এই সময় “কালপুরুষ” (Orion) এবং সেই সঙ্গে আকাশের উজ্জলতম নক্ষত্র Sirius এই সময় দেখা যায়। Orion-এর নক্ষত্রগুলি অত্যন্ত উজ্জল। Orion হইতে আমরা অন্যান্য রাশিগুলি—Taurus (বৃষ), Gemini (কন্যা), Auriga, Capella সহজেই চিনিতে পারি।

Ursa Major উত্তর-পূর্বদিকে এবং Leo (সিংহ) রাশিতে অবস্থিত Regulus দিগন্ত বেধার উপরে দেখা যায়। Cassiopeia-র W এবং Pegasus-এর চতুষ্কোণ পশ্চিম আকাশে দেখা যাইবে। Vega উত্তর

আকাশে এবং অনতিদূরে Cygnus-এর উজ্জ্বল নক্ষত্র Deneb দেখা যাইবে। ছায়াপথ এই সমস্ত Cygnus, Cassiopeia, Auriga, Orion এবং Gemini-র মধ্য দিয়া দক্ষিণ আকাশে বিস্তৃত হইয়া পড়ে। পশ্চিম দক্ষিণ অঞ্চল, Eridanus এবং Cetus কতৃক আচ্ছন্ন হইয়া থাকে।

(৬) ORION (কালপুরুষ)

Almagest-এ বর্ণিত বাণী। কপকথা—“Orion একজন বিখ্যাত শিকারী ছিল। সে অহঙ্কার কবিয়া বলিয়াছিল যে, সে যে কান ছড়কে পরাজিত করিতে সক্ষম। ইহাতে Juno ঈর্ষান্বিতা হইয়া এক বিশাল হুন্টিক সৃষ্টি কবিয়া Orion-কে আক্রমণ করিতে প্রলুব্ধ করে। পবে Diana-র অনুবোধে Orion-কে আকাশে Scorpion-এর বিপর্ষিত দিকে রাখিয়া বন্ধা করা হয়।



নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
β Rigel	—7 1	900 আলো বৎসর
α-Betelgeux	—5 6	520 „
γ-Bellatrix	—4 2	470 „

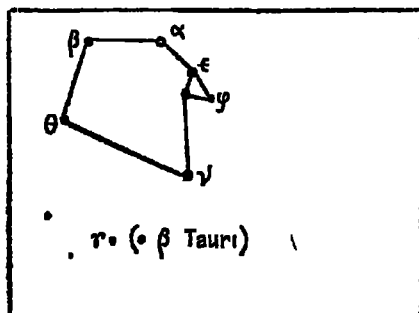
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব	আলো-বৎসব
ϵ -Alnilam	—6.8	1600	„
ζ -Alnitak	—6.6	1600	„
κ -Saiph	—6.9	2100	„
δ -Mintaka	—6.1	1500	„
i—	—6.1	2000	„

Orion প্রকৃতপক্ষে একটি বিচিত্র বাশি। Rigel এবং Betelgeux প্রথম শ্রেণীর নক্ষত্র। Rigel সাদারংয়ের এবং Betelgeux-এর রং কমলামিশ্রিত লাল। Betelgeux-এর ব্যাস 250,000,000 মাইল এবং ইহাৰ আশতন পৃথিবী হইতে সূর্য পর্যন্ত যাবতীয় স্থান গ্রাস করিবে। ইহাৰ উজ্জ্বলতা সকল সময়ে একরূপ থাকে না। আশতনের হ্রাস-বৃদ্ধিৰ ক্ষুদ্র নক্ষত্রটি হইতে তাপ বিকীর্ণ হইয়া থাকে। ফলে উহাৰ উজ্জ্বলতাৰ তাবতম্য হয়।

Betelgeux ছাড়া এই রাশি মধ্যস্থ অন্যান্য নক্ষত্রগুলি অত্যন্ত উত্তপ্ত এবং সাদা রংযেব। বেল্টের তিনটি নক্ষত্র (Alnilam, Alnitak এবং Mintaka) সকলেই সাদা এবং বৈচিত্র্যময়। বেল্টের নীচে কালপুরুষের তরুণাবী। খালি চোখে ইহাকে একটি অস্পষ্ট কুবাশা খণ্ড বলে মনে হয়। বাইনোকুলারের সাহায্যে দেখা যায় যে এই অস্পষ্ট কুবাশা খণ্ডটি প্রকৃতপক্ষে উজ্জ্বলতম Orion-এর Nebula। আজকাল কল্পনা করা হয় যে নেবুলা থেকেই নক্ষত্রের সৃষ্টি হয়। Orion-এর সাহায্যে অস্পষ্ট নক্ষত্র খুঁজে বাহির করা বেশ সহজ (চিত্র দেখুন)।

(ছ) AURIGA

Almagest বর্ণিত বাশি। রূপকথায় —“Vulcan-এর পুত্র Auriga জগতের সময় হইতেই পদু ছিল। দেবতাদের অলঙ্কো Minerva তাহাকে পালন করে। ঘোঁরনে Auriga এথেলের বাজা হয় এবং চার সশস্ত্র চালিত গাড়ী (chariot) আবিষ্কার করে। Jupiter খুশী হইয়া তাহাকে আকাশে স্থান দেয়।”



নক্ষত্ৰ	উজ্জ্বলতা	দূৰত্ব
α -Capella	—0 6	45
β -Menkarima	—0 3	88
i	—2.4	330
θ	.1	108
ϵ	—7.1	3400

γ -Al-Nath

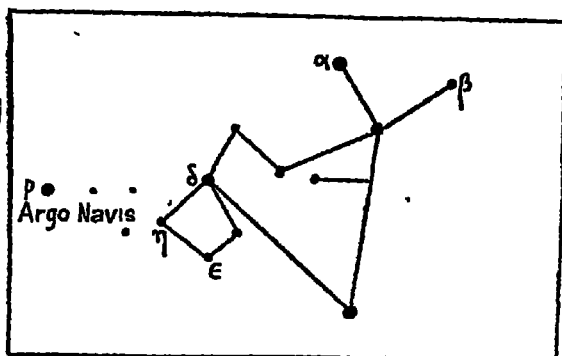
...

পূৰ্বকালৰ মাপে γ Al-Nath-কে এই বাশিৰ অন্তৰ্গত মনে কৰা হৈত। এখন ইহাকে β -Tauri নাম দিয়া Taurus বাশিৰ অন্তৰ্ভুক্ত কৰা হৈ আছে।

প্ৰধান নক্ষত্ৰ Capella-কে সহজেই চেনা যায়। হান্কা হলুদ বৰষেৰ নক্ষত্ৰটি বৰ্ণালী (Spectrum) সূৰ্যৰ বৰ্ণালীৰ মতই এবং নক্ষত্ৰটি সন্ধ্যাকাশে অনেক উৰুতে দেখা যায়। Capella একটা binary নক্ষত্ৰ কিন্তু সাধাৰণ টেলিস্কোপেৰ সাহায্যে ইহাৰ সহচৰকে পৃথকভাবে দেখা যায় না। Auriga-ৰ প্যাটোন কতকটা ঘূৰিব মত। Capella-ৰ সন্মিকটে তিনিটি অস্পষ্ট নক্ষত্ৰকে জিভুজেৰ আকাৰে দেখায। ইহাদিগকে Haedi বা Kids বলে। ইহাদেৰ দুইটি ϵ , δ নক্ষত্ৰেৰ প্ৰত্যেকেই একটা binary-star. ϵ -নক্ষত্ৰেৰ অস্পষ্টতৰ সহচৰ আমাদেৰ Galaxy-ৰ সৰ্ববৃহৎ নক্ষত্ৰ। ইহাৰ ব্যাস 1,800,000,000 মাইল।

(জ) CANIS MAJOR (Great Dog)

Almagest বর্ণিত “রাশি”। কালপুরুষের বড় কুকুরের প্রতিবিম্ব প্রভুর চিরসঙ্গীকপে আকাশে স্থান লাভ করিয়াছে। Sirius এই রাশির অন্ততম নক্ষত্র। আকাশের উজ্জ্বলতম এই নক্ষত্রটি Orion-এর বেণ্টের তিনটি নক্ষত্রেব সংযোগ রেখার বরাবর অবস্থিত। α -Centauri ছাড়া এত উজ্জ্বল নক্ষত্র আর আকাশে দেখা যায় না।



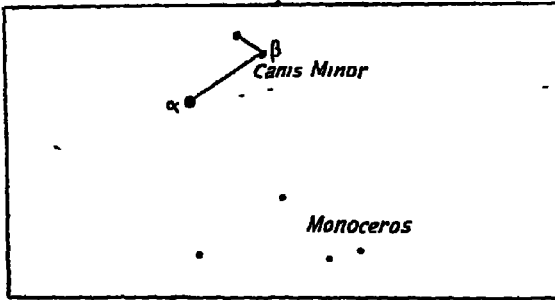
Sirius সূর্য অপেক্ষা ২৬ গুণ অগ্নিময়। ইহাব একটি ক্ষুদ্র সহচর আছে। সহচরটিকে সাধারণ টেলিস্কোপে দেখা যায় না। Sirius-কে পাশ্চাত্যে Dog-star বলে। Binocular-এর সাহায্যে ইহাকে অপূর্ব স্পন্দর দেখায।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতার প্রকার	দূরত্ব (আলো-বৎসব)
α -Sirius	-1.45	9
ϵ -Adara	-5.1	680
δ -Wezea	-7.1	2100
β -Mirzam	-4.8	750
γ -Aludra	-7.1	2700

(ঝ) CANIS MINOR (Little Dog)

Almagest বর্ণিত “রাশি”। কালপুরুষের অপর কুকুরের-প্রতিবিম্ব। ইহার উজ্জ্বলতম নক্ষত্র α -Procyon-এব একটি অল্পষ্ট সহচর আছে। সহচরটিকে সাধারণ টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখা যায় না। অপর নক্ষত্র β -Gomeisa নিকটেই অবস্থিত।

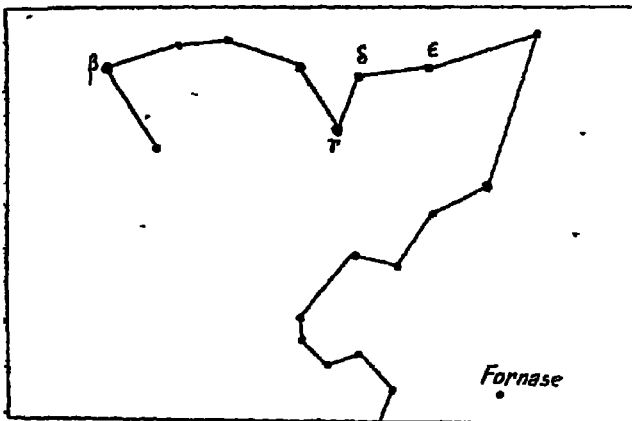
নক্ষত্ৰ	উজ্জ্বলতাৰ প্ৰকাৰ	দূৰত্ব
α -Procyon	27	11
β -Gomeisa	-1.1	210



(এৱ) ERIDANUS (River)

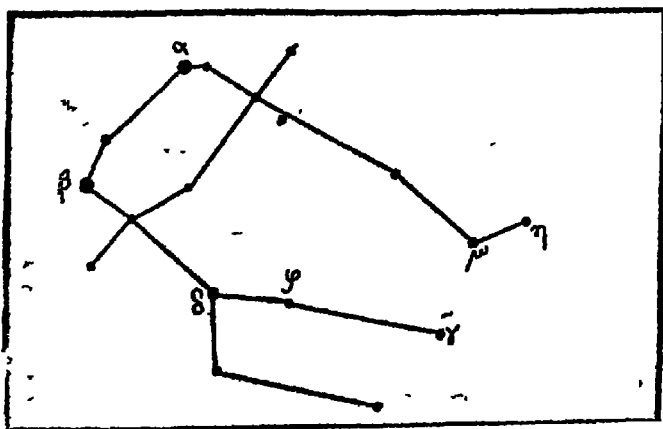
Almagest বৰ্ণিত “রাশি”। ৰূপকথাৰ দৃঃসাহসী যুৱক Phaethon সূৰ্যৰ বথ লইয়া একদা আকাশেৰ মধ্য দিবা সজোৰে বীৰদৰ্পে চলিবাৰ কালে Jupiter বজ্জপাতেৰ সাহায্যে তাহাকে ধ্বংস কৰে এবং নদীৰ মध्ये নিক্ষেপ কৰে।

নক্ষত্ৰ	উজ্জ্বলতা	দূৰত্ব
β -Kursa	09	78



(ট) GEMINI (The Twin)

Almagest-এ বর্ণিত এবং “রাশিচক্রের” (Zodiac) একটি রাশি। Castor এবং Pollux-এর নাম হইতে এই রাশির নাম হইয়াছে। রূপকথায় Castor এবং Pollux রাজা Tyndarus এবং রানী Leda-র সন্তান ছিল। Pollux অমরত্ব লাভ করে। Castor যখন মারা যায় তখন ভাইষেব শোকে Pollux অভিভূত হইয়া পড়ে এবং Jupiter-এর কাছে ভাইষেব অমরত্বের জন্য অনুরোধ করে। Jupiter খুশী হইয়া উভয়কে অমরত্ব দান করিয়া অকাশে স্থাপন করে।



নক্ষত্র	উজ্জলতা	দূরত্ব
β -Pollux	1.0	35
α -Castor	1.3—2.3	45
γ -Alhena	—0.6	105
μ -Tejat	—0.6	160
ϵ -Mabsuta	—4.6	1060

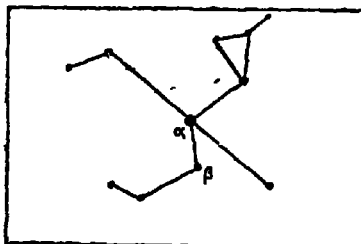
Gemini উত্তরাকাশের অত্যন্ত বারি। ছায়াপথ এই রাশির মধ্য দিয়া গিয়াছে। Rigel হইতে Betelgeux সোজা রেখা টানিলে আমরা Castor ও Pollux-এর অবস্থান পাইতে পারি। আবার Great Bear

বা Ursa Major-এর Megrez এবং Merak যোগ করিয়া বেরাটানিলেও Castor-Pollux পাওয়া যায়। Castor অপেক্ষা Pollux উজ্জ্বলতর। কিন্তু প্রাচীনকালে এমন ছিল না। উভয়ে বংশে প্রভেদ আছে। Pollux কমলা বংশের এবং Castor সাদা বংশের। বাশিটের অন্ত্যন্ত নক্ষত্রগুলি Orion-এর দিকে ছড়াইয়া আছে। Alhena বেশ উজ্জ্বল এবং ইহা Pollux ও Betelgeux-এর মধ্যস্থানে অবস্থিত। Castor একটি binary star। ইহা দুইটি অংশের একটি অপবটিকে কেন্দ্র করিয়া আবর্তন করে (প্রকৃতপক্ষে সাধারণ মাধ্যাকর্ষণ কেন্দ্রের চারিদিকে)। এই আবর্তনকাল প্রায় 350 বৎসর। তৃতীয় প্রকার ৪ নক্ষত্রের অষ্টম প্রকারের একটি সহচর আছে। ৫ নক্ষত্রটির উজ্জ্বলতা 10 দিনে 3.7 হইতে 4.3-এর মধ্যে তারতম্য হয়। ৭-নক্ষত্রটি 231 দিনের মধ্যে 3.3 হইতে 4.2 গুণ উজ্জ্বলতা লাভ করে। ৭-একটি হালকা লাল বংশের নক্ষত্র এবং অপব লাল বংশের নক্ষত্র μ Tejat-এর নিকটে অবস্থান করে। নিকটেই নক্ষত্রপুঞ্জ Messier 35 খালি চোখেই দেখা যায়।

(৪) LEPUS (The Hare)

Almagest বর্ণিত 48 বাশির একটি। কপকথাব কালপুরুষ খবগোস শিকার পছন্দ করিত বলিয়া আকাশে কালপুরুষের নিকটেই Lepus-কে রাখিয়া দেওয়া হইয়াছে।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α -Arneb	—4.6	900
β -Nihal	0.1	113



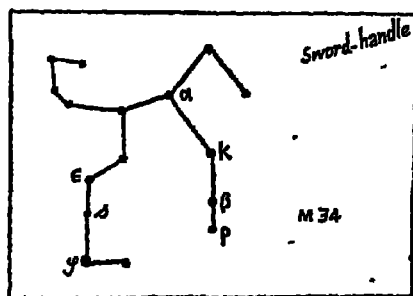
Lepus-কে কালপুৰুষের নীচেই দেখা যায়। ছোট টেলিস্কোপেব সাহায্যে এই রাশির কোণ বৈচিত্র্য দেখা যায় না। R Leporis নক্ষত্রটি ঘন লাল বর্ণের। ইহার উজ্জ্বলতাব তাৎতম্য ঘণ্টে প্রায় 430 দিনে।

(ড) MONOCEROS (The Unicorn)

ইহা Almagest-এর বর্ণিত রাশি নয়। Sirius, Procyon, Castor—Pallux এবং Betelgeux-এব অবস্থান এলাকা জুড়িয়া এই রাশির নক্ষত্রগুলি অবস্থান করে। বাইনোকুলারে ইহাকে দেখা যায়। ছায়াপথ এই অঞ্চল দিয়া গিয়াছে। 12 Monocerotis নক্ষত্রকে বিবিধা একটি নক্ষত্রপুঞ্জ (cluster) খালি চোখে দেখা যায়।

(ঢ) PERSEUS

ইহা পুৰাতন ক্যাটালগভুক্ত একটি রাশি। কপকথাব বীৰ Perseus দৈত্যের হাত থেকে রাজকন্যা Andromeda-কে বন্ধা করে। এই সময়



সে Madusa-কে হত্যা কবিতা দেশে ফিবিতেছিল।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α —Mirphak	—4.4	570 অ্য. ব.
β —Algol	—0.5	105
ζ —	—6.1	1000
ε —	—3.7	680
γ —	0.3	113.

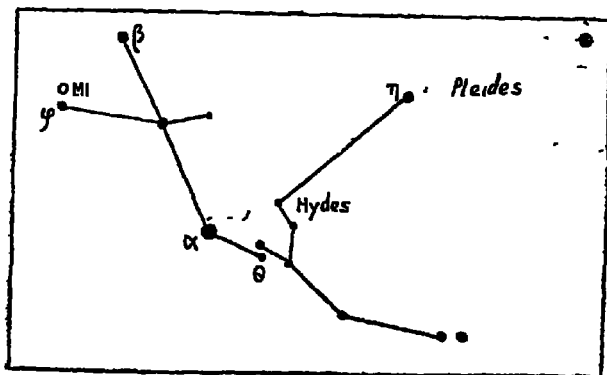
Capella হইতে অনতিদূৰে এই বাণিটি অবস্থান কৰে। Cassiopeia বাণিৰ দুইটি নক্ষত্ৰৰ সাহায্যে Perseus-এৰ দিক নিৰ্ণয় কৰা সহজ। ছাৰাপথ Perseus-এৰ মধ্য দিয়া গিয়াছে। এই বাণিৰ নিকটে দুইটি নক্ষত্ৰপুঞ্জ (Star clusters)* খালি চোখে দেখা যায়। Messier 34 ডানদিকে এবং Sword-handle (Orion-এৰ নহে) সোজা উপৰেৰে দিকে অবস্থিত। শেষোক্ত নক্ষত্ৰপুঞ্জ প্ৰকৃতপক্ষে দুইটি পুঞ্জৰ পাশাপাশি অবস্থান।

Algol বা β -Persei একোটা চমৎকাৰ নক্ষত্ৰ। সাধাৰণতঃ ইহাৰ উজ্জ্বলতা ২.৩। কিন্তু ইহা নিশ্চয় হইতে থাকে এবং প্ৰায় ৫ ঘণ্টা পৰে আবার পূৰ্বাবস্থায় ফিৰিয়া আসে। এই নক্ষট একোটা eclipsing binary নক্ষত্ৰ। ইহাৰ সহচৰ ইহাকে ঘিৰিয়া আবৰ্তন কৰিতে কৰিতে আমাদেৱে দৃষ্টিপথে আসিয়া ইহাকে আচ্ছন্ন কৰে। ফলে আমবা ইহাৰ উজ্জ্বলতা কিছুক্ষণেৰে জন্ম দেখিতে পাই না।

P-Persei নক্ষত্ৰটি হাতা লাল বৰ্ণৰেৰে variable নক্ষত্ৰ। ইহা উজ্জ্বলতাৰ দিক থেকে প্ৰায় চতুৰ্থ পৰ্যায়ৰেৰে অন্তৰ্ভুক্ত।

(গ) TAURUS (The Bull—বৃষ)

ইহা “বাণিচক্ৰেণ” অন্তৰ্গত একোটা বাণি। স্বপকথাৰ দেবতা বৃহস্পতি (Jupiter) Europa-ৰ প্ৰেমে মূগ্ধ হইবা তাহাকে হৰণ কৰাব উদ্দেশ্যে একোটা সাদা বাঁও-এৰ ৰূপ ধাৰণ কৰে। Europa-কে পিঠে লইবা



সাঁতরাইরা ভূমধ্যসাগর পাড় হইয়া দূরে বহু দূরে চলিয়া যায়। Tang-lewood Tales নামক গ্রন্থে Nathaniel Hawthorne সুন্দরভাবে ইহার বর্ণনা দিয়াছেন।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো বৎসর)
α —Aldebaran	—0.7	68
β —Alnath	—3.2	300
γ —Alcyone	—3.2	541
δ —	—4.2	940

Taurus রাশিকে সহজেই খুঁজিয়া পাওয়া যায়। ইহার প্রধান নক্ষত্র Aldebaran কালপুষ্পের বেটের তিনটি নক্ষত্রের সংযোগকারী লাইনের দিকে অবস্থিত। ইহা উজ্জ্বল লাল-রংয়ের নক্ষত্র এবং দেখিতে Betelgeux-এর মত। এই রাশির অন্তর্গত অনেক দর্শনীয় জ্যোতিষ আছে। তৃতীয় পর্বায়ের নক্ষত্র γ Alcyone-এর নিকটে যে নক্ষত্রপুঞ্জ দেখা যায় উহা Pleiades বা Seven-Sister. খালি চোখে অন্ততঃ ৭টি নক্ষত্রকে দেখা যাইবেই। অনেকেই এ পর্যন্ত ১৯ নক্ষত্র এই স্থানে দেখিয়াছেন।

Aldebaran-এর নিকটে Hyades-কে দেখিতে বাইনোকুলারের প্রয়োজন। Aldebaran, Hyades অপেক্ষা পৃথিবীর অনেক নিকটে অবস্থান করিতেছে। Hyades-এর নক্ষত্র θ -Tauri একটি double star.

ঐ এর নিকটে Crab Nebula (M1) একটি বিচিত্র নেবুলা। এই নেবুলাকে ১০৫৪ খ্রিস্টাব্দে চীন দেশের লোকেরা সর্বপ্রথম লক্ষ্য করে। ইহা একটি Super-nova হইতে উৎপন্ন। বড় টেলিস্কোপে দেখিলে ইহাকে একটি বিস্তৃত গ্যাসের কুণ্ড বলিয়া মনে হইবে। Supernova সচরাচর দেখা যায় না। পূর্ণ বিস্তারিত Supernova প্রায় ২০০,০০০,০০০ হইতে ৩০০,০০০,০০০-টি সূর্যের আলো বিকিরণ করে।

১৭.৫. বসন্তকালীন নক্ষত্রসমূহ

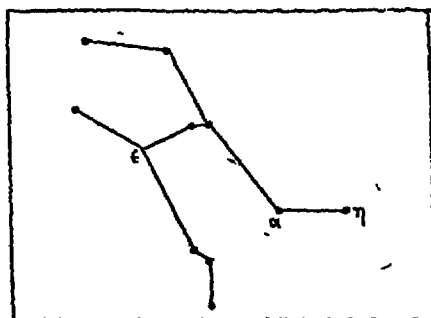
বসন্ত কালের সন্ধ্যার আকাশে যে সমস্ত নক্ষত্র দেখা যায় সেগুলি শীতকালের নক্ষত্রের মত এত বৈচিত্র্যময় নয়। Orion, Capella,

Procyon এবং Gemini-কে তখন পশ্চিমাকাশে দেখা যায়। Great Bear তখন রাখাব উপর। দক্ষিণের আকাশে Leo শোভা পায়। ছায়াপথ এই সময় শীতকালের মত স্পষ্ট নহে।

(ত) BOÖTES (The Herdsman)

Almagest বর্ণিত রাশি। রূপকথাব বাখাল Boötes-কে তাব ভাই প্রবন্ধনা কবিষা তার সব সম্পত্তি থেকে বঞ্চিত কবে। Boötes অন্তো-পায় হইয়া পৃথিবী প্রমণে বাহির হয় এবং অবশেষে লাভল আবিষ্কার কবিষা চাষাবাদ আবস্ত করে। তার মা Callisto খুশী হইয়া Jupiter-কে ছেলেব অমরত্বের জন্ত অনুবোধ করে। Jupiter তাকে অমরত্ব প্রদান কবিষা স্বর্গে অর্থাৎ আকাশে স্থান দেয়। ইহার প্রধান নক্ষত্রগুলি :

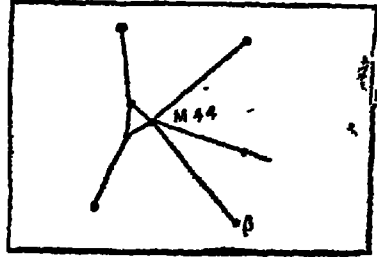
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলোবৎসব)
α -Arcturus	-0.3	36
ϵ -Izar	0.0	103
η -Saak	2.7	32
γ Seginus	0.2	118



Boötes রাশির প্রধানতম নক্ষত্র α -Arcturus। বাইনোকুলারে ইহার চমৎকার রং দেখা যায়। Ursa Major-এর বক্রবেখা অনুসরণ কবিলে দূবে মহাবিশ্বের উত্তরে এই নক্ষত্রকে দেখা যাইবে। ইহাকে বসন্ত কাল হইতে শরৎকাল পর্যন্ত আকাশে মল মল করিতে দেখা যায়।

(খ) CANCER (The Crab)

বাশিচক্রের অন্তর্ভুক্ত এই রাশিটি Ptolemy-র ক্যাটালগে স্থান পাইবাছে। রূপকথাব Hercules যখন সামুদ্রিক সর্প Hydra-র সহিত যুদ্ধ করিতেছিল তখন এক বিশাল Crab (কাঁকড়া!) সর্পের সাহায্যার্থে আসিলে Hercules পদাঘাতে উহাকে হত্যা করে। Hercules-এর উপর ঈর্ষান্বিত Juno তখন এই Crab-কে



অরম্ভ দান করিয়া আকাশে স্থান দেব। এই রাশিটির উহাব প্রতিবিম্ব।

এই রাশিটিতে কোন উজ্জ্বল নক্ষত্র না থাকিলেও ইহাকে খুঁজিয়া বাহির করা শক্ত নহে। Leo এবং Gemini রাশিদ্বয়ের মধ্যে ইহা অবস্থিত। Pollux, Procyon এবং Regulus লইয়া অঙ্কিত ত্রিভুজের মাঝখানে ইহা অবস্থিত। এই রাশির অন্তর্গত Messier 44 নামক নক্ষত্রপুঞ্জ (star cluster)। ইহাব অপব নাম Praesepe বা Beehive (মৌচাক) অঙ্ককার বাতে খালি চোখে ইহাকে দেখা যায়।

(দ) CORONA BOREALIS (The Northern Crown)

Almagest বর্ণিত একটি ক্ষুদ্র “রাশি”। রূপকথার Bacchus কর্তৃক Crete-এর রাজা Minos-এর কন্যা Ariande-কে প্রদত্ত মুকুটের প্রতিবিম্ব। ইহার প্রধান নক্ষত্র একটি।

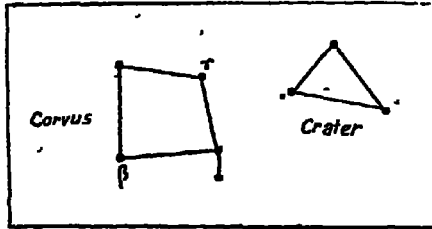
নক্ষত্র উজ্জ্বলতা দূর্বল
 α -Alphekka 0.4 76.



এই রাশিটি সতাই মুকুটের মত দেখিতে। Arcturus-এর অনতিদূরে অর্ধ বৃত্তাকার চেহারাটি সহজেই চোখে পড়ে। ইহাব অন্তর্গত T coronae নামক নক্ষত্রটি যদিও খুব অস্পষ্ট কিন্তু 1866 এবং 1946 গ্রীস্টাঙ্গে ইহা উজ্জ্বল হইয়া উঠিয়াছিল। ইহাকে একটি Nova মনে করা হইয়া থাকে।

(ধ) CORVUS (The Crow)

Ptolemy ব ক্যাটালগেব একটি রাশি। কপকথাব Apollo Coronis-কে ভালবাসিত। Coronis-এর বাবাব নাম Phlegyas এবং



ছেলেব নাম Aesculapius। Apollo একটি কাককে Coronis-এব চবিত্র সহস্বে সন্ধান লইবাব জন্ত নিযুক্ত কবে। কাক যে সন্ধান লইয়া আসে তাহাতে Apollo খুণী হইতে পারে নাই। বাহাইটক Apollo পুৰস্কাব স্বৰূপ কাককে অমবহ দান কবে এবং আকাশে স্থান দেয়।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

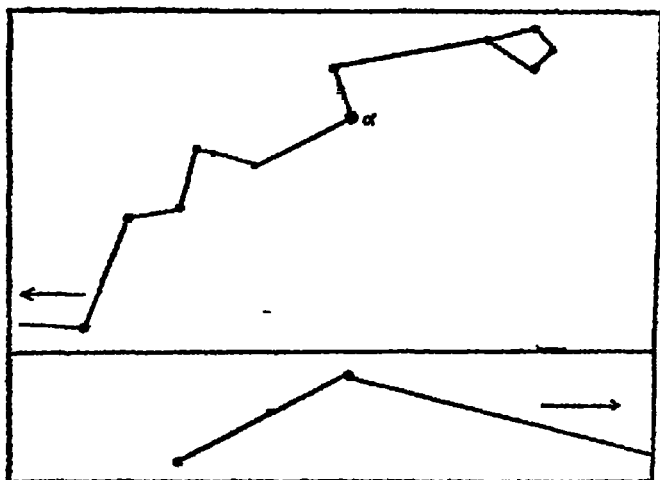
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূৰত্ব (আঃ বঃ)
γ Minkar	-3.1	450
β	0.1	108
δ	0.1	124
ϵ	-0.2	140

এই চাবটি নক্ষত্র আকাশে একটি স্পষ্ট চতুর্ভুজ আঁটি কবিয়াছে। বসন্তকালেব সন্ধ্যাকাশে দক্ষিণ দিকে একটু নীচেব দিকে ইহাকে দেখা যায়। ইহা Virgo রাশিব অন্তর্গত প্রথম শ্রেণীৰ নক্ষত্র Spica-এব অনতিদূৰে অবস্থিত। এই রাশিব অন্ত কোন বিশেষত্ব এ পৰ্যন্ত জানা যায় নাই।

Corvus-এব নিকটে CRATER নামক আব একটি Almagest বর্ণিত রাশি দেখা যায়।

(ন) HYDRA (Watersnake or Sea-Serpent)

Almagest-এ বর্ণিত রাশি। রূপকথার দৈত্য Hydra-র একশত মাথা ছিল। গ্রীসের Lernean এলাকায সে যখন উৎপাত আবণ্ড করে তখন Hercules তাহাকে হত্যা কবে।



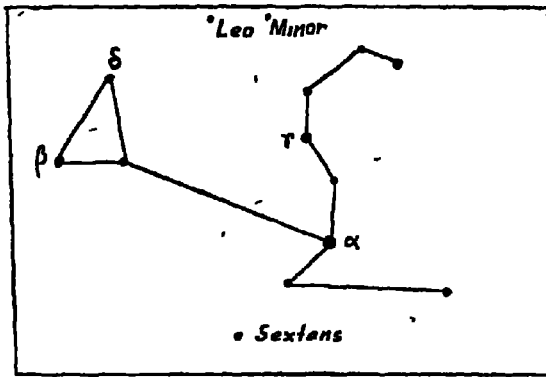
প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α -Alphard	—0.3	94
γ	0.3	113

আকাশে Hydra সর্বাঙ্গের ২২৭ একটি রাশি এবং অংশট। ইহায একমাত্র উজ্জ্বল নক্ষত্র Alphard-কে দেখিতে হইলে Caster এবং Pollux-এব সংযোগকারী রেখায দিকে লক্ষ্য করুন।

(প) LEO (The Lion)

Almagest বর্ণিত রাশি। রূপকথার সিংহকে Hercules হত্যা কবিয়া Nemeaan জঙ্গলেয প্রাণীদিগকে রক্ষা কবে।



প্রধান নক্ষত্রগুলি

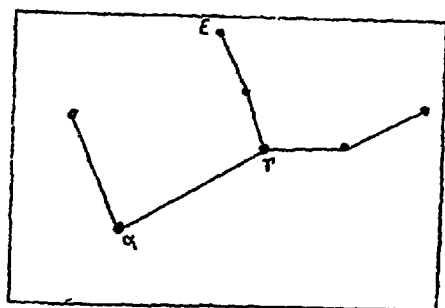
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α -Regulus	-0.7	84
γ -Algebra	1	190
β -Denebola	1.5	43
δ Zozma	.6	82
ϵ Asad	-2.1	340

দক্ষিণ আকাশে বসন্তকালের বিখ্যাত বাশি। Ursa Major-এর নক্ষত্রগুলির সাহায্যে ইহাও দিক নির্ণয় করা যায়। উজ্জ্বলতম নক্ষত্র α -Regulus। অত্যাশ্চর্য উজ্জ্বল নক্ষত্রগুলি একটি ত্রিভুজের শীর্ষে অবস্থিত। Algebra একটি double star। Denebola-র আলোকে তাবতম্য দেখা যায়। ইহা একটি "বিনাবী" (binary) নক্ষত্র। অত্যাশ্চর্য দুইটি বাশি Leo Minor এবং Sextans নিকটেই অবস্থিত।

(ক) VIRGO (Virgo)

রাশিচক্রের অন্তর্গত এই রাশিটি Ptolemy-র Almagest-এর অন্তর্গত। কপকথা Virgo, Jupiter-এর কন্যা। গ্রীস দেশের স্বর্ণ যুগের সমর Virgo সভ্য এবং জীববিচার প্রদর্শনের জন্য বিখ্যাত ছিল। যখন মানুষ তাব জীবনধারার পরিবর্তন করিয়া পাপে ডুবিয়া

গেল তখন বিবর্ত হইবা Virgo স্বর্গে অর্থাৎ আকাশে ফিবিয়া গেল। তাবপব থেকে এখনও সে আকাশে আছে। যদি কখনও পৃথিবীতে গ্রাহবিচার ফিবিয়া আসে তখন Virgo হবত আবার পৃথিবীতে ফিবিয়া আসিবে !!!



প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উচ্চতা	দূরত্ব
α -Spica	—3.3	220
γ -Post varta	3.5	32
ϵ -Vindemiatrix	0.6	90

প্রধান নক্ষত্র Spica-কে খুঁজিয়া বাহিব করিতে হইলে Ursa Major-এব লেজের বরাবর Arcturus-এব দিকে দৃষ্টি লইয়া আসিতে হইবে। আরও কয়েকটি বেশ উজ্জল নক্ষত্র এই বাণিতে আছে। γ -Post varta একটি বিখ্যাত “বিনাবী” (binary) নক্ষত্র এবং ইহাব সহচর একইরূপ উজ্জল। সহচর দুইটি উভয়ের সাধারণ কেন্দ্রে ঘিরিয়া 180 বৎসরে আবর্তন করে।

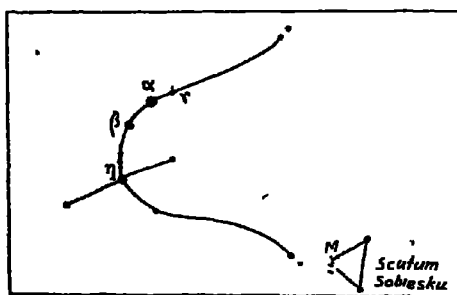
১৭.৬ গ্রীষ্মকালীন নক্ষত্রসমূহ

জুলাই মাসের সন্ধ্যাবেলা স্তম্ভের নীল নক্ষত্র Vega প্রায় মাথার উপরে দেখা যায়। ইহাব অনতিদূরেই Cygnus এর অন্তর্গত Deneb এবং Aquila-র অন্তর্গত Altair-কে দেখা যায়। এই সময় Arcturus-কে

পশ্চিমে এবং Capella-কে উত্তর দিকে দেখা যায়। দক্ষিণ দিকে Scorpio-র মধ্যে Antares-কে দেখা যায়। Antares-এর লাল বর্ণের জন্ত ইহাকে অনেক সময় Mars-এর প্রতিদ্বন্দ্বি বলা হয়। Ursa Major তখন পশ্চিম আকাশে কিন্তু Leo এবং Virgo প্রায় অস্ত গিয়াছে। পূর্বদিকে Pegasus-এর চতুর্ভুজ উদয় হইতেছে। ছায়া-পথ এই সময় বেশ উজ্জ্বল হইয়া উঠে এবং Capella হইতে Cassiopeia, Cygnus, Aquila-র মধ্য দিয়া Scorpio-র মধ্যে বিস্তৃত হইয়া পড়ে।

(ব) AQUILA (The Eagle)

ইহা একটি পুরাতন রাশি। Ptolemy-র Almagest-এ ইহা-র বিশদ বর্ণনা আছে। গ্রীষ্মকালীন বিখ্যাত বাশিগুলির মধ্যে একটি। ইহা দেখিতে ঈগলের মত।



প্রধান নক্ষত্র গুলি

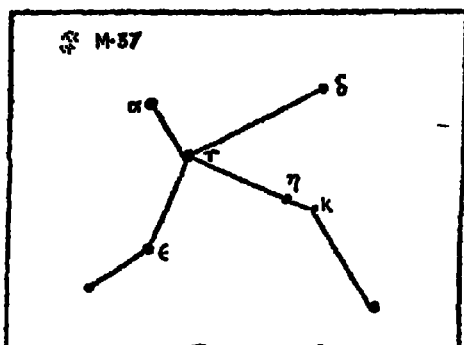
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α Altair	2.2	16
γ Tarazed	—2.4	340
δ Dheneb	0.8	90

প্রধানতম নক্ষত্র Altair দেখতে সাদা বর্ণের এবং উত্তর পার্শ্বে একটু হালকা দুইটি নক্ষত্র আছে বলিয়া ইহাকে চিনিতে কোন অসুবিধা হইবে না। β- (Alshain) নক্ষত্রটিও উজ্জ্বলতা প্রায় চতুর্থ পর্যায়ের।

Aquila রাশির η -নক্ষত্রটি একটি variable (উজ্জ্বলতার তারতম্যে) নক্ষত্র এবং 7.2 দিনে ইহার ঔজ্জ্বল্যের পরিবর্তন ঘটে। এই তারতম্য খালি চোখে ধরা যায়।

(ভ) CYGNUS (The Swan)

Almagest বর্ণিত রাশিটি দেখিতে চমৎকার লাগে। রূপকথার স্বর্গের রাজা Jupiter (ইন্দ্র) রাজহংস সাজিয়া Spartan রাজা



Tyndarus এর পরী Leda-কে দেখিতে গিয়াছিল। পরে এই ঘটনাকে স্মরণ রাখাব জন্ত বাজহংসটিকে অমবহ দান কবিশা আকাশে রাখিয়া দেয়।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α -Deneb	-7.1	1600
γ -Sadr	-4.6	750
ϵ -Gienah	0.7	74
δ	-1.7	270
β -Albireo	-2.4	410

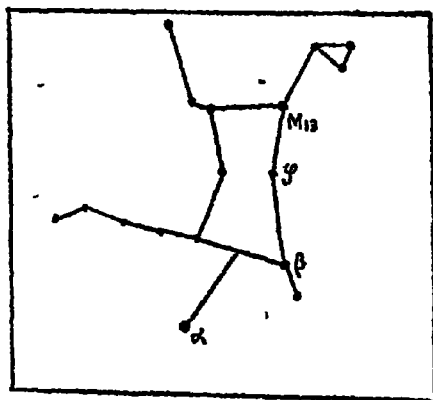
এই রাশিটিকে আকাশেব দিকে তাকালেই সহজে চেনা যায়। β -Albireo নক্ষত্রটি অত্র নক্ষত্রেব চেবে অস্পষ্ট হইলেও ইহা একটি double star। ইহাব প্রথম নক্ষত্রটি সোনালী হলুদ বর্ণের এবং

সহচরটি হাফা সবুজ রংয়ের। যে-কোন ছোট টেলিস্কোপেই ইহা দেখা যায়। অনেকের মতে double star-দের মধ্যে ইহা সবচেয়ে স্পন্দন নক্ষত্র।

Deneb নক্ষত্রটি Altair বা Vega নক্ষত্রের মত এত উজ্জ্বল নহে কারণ ইহা বেশী দূরে অবস্থিত। ইহা দেখতে একটু হাফা হলুদ রংয়ের। γ এবং β -Albireo-এর মধ্যে η -cygni নামক নক্ষত্র অবস্থিত। η -cygni-এর নিকট যে α -নক্ষত্রটি দেখা যায় উহা একটি পরিবর্তনশীল নক্ষত্র এবং 409 দিনে ইহার আলোব উজ্জ্বলতা 4 হইতে 14-এর মানে উন্নীত হয়। ছায়াপথ এই রাশিটির মধ্য দিয়া গিয়াছে বলিয়া এই রাশির আশেপাশে অনেক নক্ষত্রপুঞ্জ দেখা যায়। বিশেষ করিয়া খোলা নক্ষত্রপুঞ্জ (cluster) Messier 39, Deneb-এর অনতিদূরে দেখা যাইবে।

(৯) HERCULES

Almagest বর্ণিত একটি রাশি। ঋগবৈবাস্য বীষ হাবকিউলিস Jupiter এবং Alcmena-এর পত্ন। Juno তাহাকে হিংসা কবিত এবং



তার পবামর্শে হাবকিউলিস স্বীয় ভ্রাতা Eurystheus কর্তৃক লাহিত হইয়াছিল। ভ্রাতা তাহাকে “দ্বাদশ শ্রম” (twelve labours) সমাধা কবিত্তে বাধ্য করিয়াছিল। হাবকিউলিস এগুলো সমাধা করে এবং অবশেষে অমরত্ব লাভ কবিয়া আকাশে স্থান পায়।

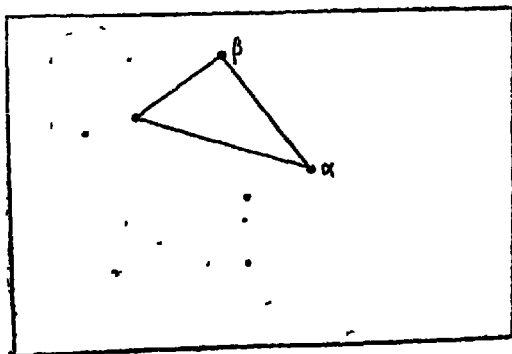
প্রধান নক্ষত্রসমূহ

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
β -Kornephorus	0.3	103
ζ -Rutilicus	3.1	30

Hercules বাশিটি Arcturus এবং Vega নক্ষত্রের মধ্যবর্তী বিস্তৃত এলাকা জুড়িয়া আছে। এই রাশিতে α -Rasalgethi একটি লাল সংযেব পরিবর্তনশীল নক্ষত্র (Variable star)। ইহার উজ্জ্বলতা 3 একটি হইতে 4 এর মধ্যে তারতম্য হয়। নিকটবর্তী তাবকা κ Ophiuchi-ও একটি পরিবর্তনশীল নক্ষত্র। Rasalgethi একটি বিশাল নক্ষত্র এবং সম্ভবতঃ আকাশেব সর্ববৃহৎ নক্ষত্র। এই বাশিৰ অপব একটি বৈশিষ্ট্য Messier 13 নামক নক্ষত্রপুঞ্জ (Star cluster)। ইহা একটি গোলাকাক নক্ষত্রপুঞ্জ। আমবা পূর্বে ইহার বিষয়ে আলোচনা করিষাছি। এই নক্ষত্রপুঞ্জে কমপক্ষে 100,000 নক্ষত্র বিদ্যমান এবং ইহার দূরত্ব প্রায় 34,000 আলো-বৎসব। এই নক্ষত্রপুঞ্জগুলি আমাদের Galaxy-কে আবেষ্টন কবিয়া রহিষাছে। নক্ষত্রপুঞ্জেব অবস্থান এবং বিস্তৃতি লক্ষ্য কবিয়া আমেরিকান বৈজ্ঞানিক Harlow Shapoley প্রায় 40 বৎসর পূর্বে সিদ্ধান্ত কবেন যে, সূর্য প্রকৃতপক্ষে Galactic কেন্দ্রে হইতে অনেক দূরে অবস্থিত।

(ঘ) LIBRA (ভুলা Balance)

Almagest বর্ণিত একটি বাশি। Mochus নামক লোক ওজন এবং মাপ আবিষ্কার করে বলিষা অমরত্ব লাভ কবিয়া আকাশে স্থান পাইষাছিল।



প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
β -Zubenel chemale	—0 6	140
α -Zubenel genubi	1 2	66

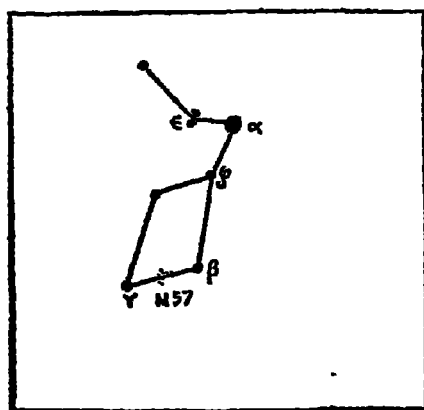
Libra রাশিটি Spica এবং Autares নক্ষত্র দুইটির অন্তর্গত অঞ্চলে অবস্থিত। α -নক্ষত্রটির পঞ্চম পর্যায়ের উজ্জ্বলতাসম্পন্ন একটি সহচর আছে। এই সহচরকে খালি চোখে দেখা যায়। β -নক্ষত্রটির বং হাঙ্গা সবুজ।

(ব) LYRA (The Lyre)

Ptolemy কর্তৃক ক্যাটালগভুক্ত Almagest-এর একটি বিখ্যাত বাশি। ঋপকথাব গায়ক Orpheus-কে Apollo একটি বাঁশী দান করে। এই বাঁশীর সাহায্যে Orpheus বনের পশু পক্ষীকে বশ করে এবং এমনকি নদী-নালাকে আপন গতিপথে আবদ্ধ করিয়া ফেলে। Orpheus-এর মৃত্যুর পূর্বে সে অমরত্ব লাভ করে এবং আকাশে স্থান লাভ করে।

প্রধান নক্ষত্র

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α -Vega	0 5	26

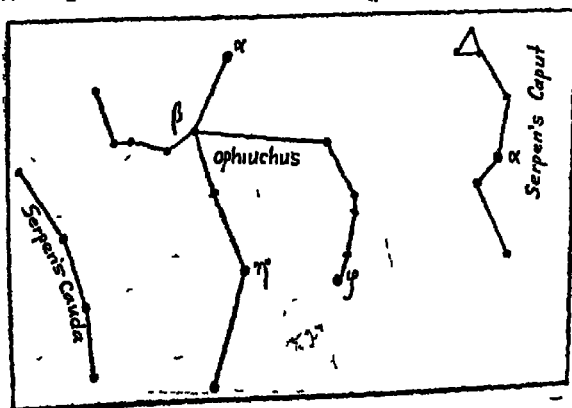


এই রাশির অন্তর্গত Vega নক্ষত্রটি আকাশের উজ্জ্বলতাব দিক থেকে পঞ্চম নক্ষত্র। ইহার বং নীল। গ্রীষ্মকালে ইহাকে ঠিক মাথাব দেখা যায়। Vega নক্ষত্রের নিকটে ডবল নক্ষত্র ৪-কে দেখা যায়। খালি চোখে এই double star-এর দুইটি সহচর দেখা যায়। 3" টেলিস্কোপের সাহায্যে প্রত্যেক সহচরের আবার একটি কবিষা সহচর দেখা যায়। Vega-এর নিকটে ৫-নক্ষত্রটি একটি বিনারী (binary)। একটি ছোট টেলিস্কোপের সাহায্যে ইহার সহচরকে দেখা যায়। β -Lyre একটি eclipsing পবিবর্তনশীল নক্ষত্র। ইহার উজ্জ্বলতা 3.4 হইতে 4.1 পর্যন্ত তারতম্য হয়।

β এবং γ নক্ষত্রের মধ্যে অজুবীষবৎ Nebula M57 দেখা যায়। ইহা খুব উজ্জ্বল নহে। বড় টেলিস্কোপের সাহায্যে ইহাকে একটি অজুবীষের মত দেখা যায় এবং এই অজুবীষের কেন্দ্রস্থলে একটি অস্পষ্ট নক্ষত্র বিদ্যমান। এই Nebula-টি প্রকৃতপক্ষে Nebula নহে। বৈজ্ঞানিকেরা মনে করেন যে ইহা একটি অত্যন্ত উত্তপ্ত তাবকা এবং একটি উত্তপ্ত গ্যাসমণ্ডল, ইহাকে আবেষ্টন করিয়া রহিযাছে।

(ল) OPHIUCHUS

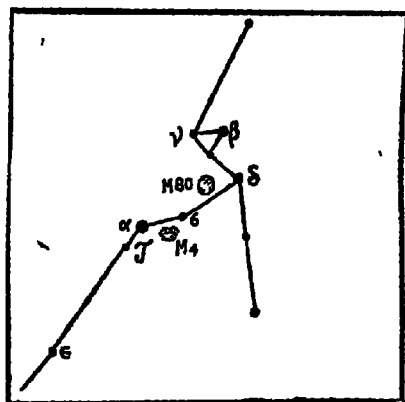
Almagest বর্ণিত বাসি। যদিও বাসিটির অংশবিশেষ Scorpio এবং Sagittarius-এর মধ্যে বর্তমান তবুও রাশিটিকে বাসিচক্রের



নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো বৎসর)
ζ —Ascella	0.1	140
δ —Kans	0.7	84
λ —Kans	1.1	71
γ —Alnasr	0.1	124
π —Albaldah	-0.7	250

(শ) SCORPIO (বৃশ্চিক)

বৃশ্চিকের অষ্টম বাণি। ইহা বৃহত্তম নক্ষত্র α -Antares সন্ধ্যাবেলা দেখা যায়। ইহা উজ্জ্বল লাল বর্ণের একটি নক্ষত্র। ইহা বৃহৎ



নক্ষত্রদের একটি। ইহার ব্যাস আনুমানিক 350,000,000 মাইল। Altair-এব মত ইহার উত্তর পার্শ্বে অপেক্ষাকৃত অস্পষ্ট নক্ষত্র আছে। ν -নক্ষত্রটি একটি ডবল নক্ষত্র। বৃশ্চিকের অন্তর্গত দুইটি উজ্জ্বল নক্ষত্র-পুঞ্জ M80 এবং M4 আছে। M80-এব পৃথিবী হইতে দূরত্ব আনুমানিক 65,000 আলো-বৎসর।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো বৎসর)
α —Antares	-5.1	520
ϵ —Wei	0.7	66
δ —Dschubba	-4.0	590

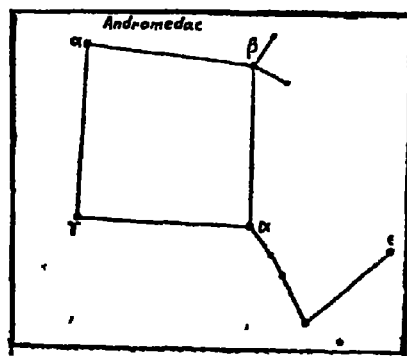
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো বৎসব)
β —Girrafas	—3 7	650 "
γ —	—4 0	750 "
σ —	—4 4	570 "
π —	—3 3	570 "
μ —	—3.0	520 "

১৭৭. শরৎকালীন নক্ষত্রসমূহ

এই সময় সন্ধ্যাকাশ তেমন বিচিত্র নক্ষত্রমণ্ডলে সজ্জিত নব। তবুও গ্রীষ্মকালীন Cygnus এবং Aquila পশ্চিমাকাশে দেখা যায়। এই সময় Antares অন্তর্গত হইয়াছে। এই সময় Orion-কে দেখা যায় না কিন্তু Taurus-কে দিগন্তের উপরে দেখা যায়। পূর্বদিকে Seven Sisters (Pleiades)-এব উজ্জ্বলতা চোখে পড়ে এবং Capella পুনরায় উজ্জ্বলভাবে দৃষ্টিগোচরে আসে। Cassiopeia এই সময় আকাশে মাথার উপরে। দক্ষিণদিকে Pegasus-এব চতুর্ভুজ চোখ এড়াতে পারে না। দক্ষিণাকাশের অংশবিশেষ Cetus এবং Aquarius বাশিষ্য দ্বারা আচ্ছন্ন হইয়া থাকে।

(ঘ) PEGASUS (The flying horse)

Almagest বর্ণিত দুই বাশিষ্টের তিনটি প্রধান নক্ষত্র (α , β এবং γ) এবং Alpheratz অথবা α -Andromedae মিলিয়া একটি চতুর্ভুজ হইত



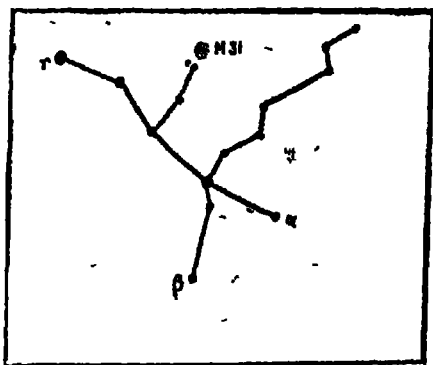
করিয়াছে। দক্ষিণদিকের আকাশে দিগন্তের বেশ উপরে এই চতুর্ভুজকে শরৎকালের সন্ধ্যায় চিনিতে কোন অসুবিধা হইবে না। Cassiopeia-এর W-এর অন্তর্গত দুইটি নক্ষত্রের সংযোগকারী সরলরেখার সাহায্যে এই রাশির অবস্থান সহজে নির্ণয় করা যায়। এই রাশির বৈচিত্র্য হইল লাল রক্ত নক্ষত্র β -Scheat। 35 দিনে ইহার উজ্জ্বলতা $2\frac{1}{2}$ হইতে $2\frac{3}{4}$ এর মধ্যে পরিবর্তন হয়। এই নক্ষত্রের ব্যাস প্রায় 150,000,000 মাইল।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আঃ বঃ)
α -Enif	-4.6	780 "
β -Scheat	-1.5	210 "
α -Markab	-0.1	109 "
γ -Algeub	-3.4	570 "
η -Mator	-2.2	360 "

(স) ANDROMEDA

Almagest-এ বর্ণিত রাশিটির প্রধান নক্ষত্র Alpheratz বা α -Andromedae-পূর্ববর্তী রাশি Pegasus-এর চতুর্ভুজের এক কোণে অবস্থিত। পূর্বে ইহাকে δ -Pegasi বলা হইত। চতুর্ভুজ হইতে Perseus



রাশি পর্যন্ত বিস্তৃত এই রাশিটির নক্ষত্রগুলি মোটামুটিভাবে উজ্জ্বল। γ -নক্ষত্রটি একটি সুন্দর double star. ইহার প্রধান নক্ষত্রটি হলুদ

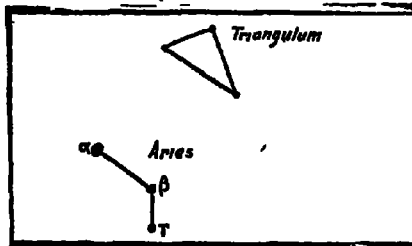
রংঘেব এবং সহচরটি নীল রংঘের। রাশিটির অন্তর্গত নক্ষত্রপুঞ্জ (cluster) M31 একটি বিরাট কুণ্ডলী। এই গ্যামকুণ্ডলীটি দুববতী Galaxy-র অন্তর্গত।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো-বৎসর)
α -Alpheratz	-0.1	90
β -Mirach	0.2	76
γ -Almaak	-2.4	260

(হ) ARIES (শ্বেষ Ram).

বাশিচক্রের প্রথম বাশি হিসাবে এই বাশিটিকে গণ্য করা হয় যদিও Vernal Equinox. এক্ষণে পৃথিবীর precession-জনিত গতিব ফলে



নিকটবর্তী বাশি Pisces-এর মধ্যে অবস্থান করিতেছে। বাশিটি Almagest বর্ণিত একটি বাশি।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আঃ বঃ)
α -Hamal	0.2	76
β -Sheratan	1.7	52

Andromeda-র নীচে Aries অবস্থিত। ইহাব অন্তর্গত γ -নক্ষত্রটি একটি double star।

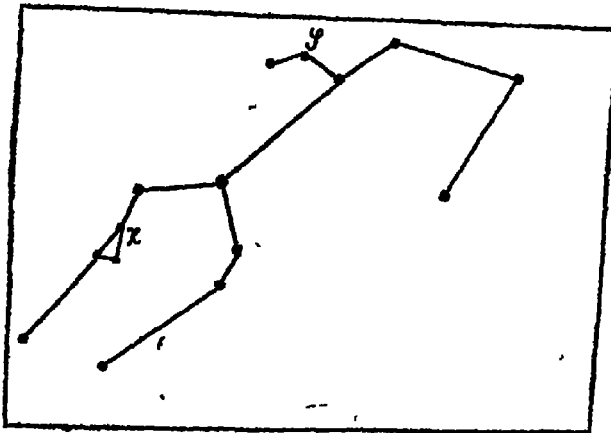
(ক্ষ) AQUARIUS

বাশিচক্রের একাদশ রাশি। বাশিটি অস্পষ্ট। ইহা বিস্তৃত স্থান দখল করিয়া আছে। δ -নক্ষত্রটি একটি ডবল এবং প্রধান নক্ষত্র।

নক্ষত্র
 β -Sadalsuud

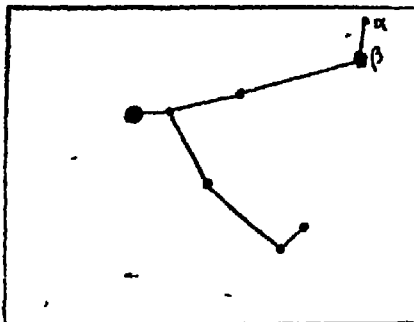
উজ্জ্বলতা
—4.6

দূরত্ব
780



(অ) CAPRICORNUS (Sea-goat)

ইহা, রাশিচক্রেব অন্তর্গত একটি অস্পষ্ট রাশি। এই রাশির অন্তর্গত কোন উজ্জ্বল নক্ষত্র নাই এবং আকাশে উহাকে খুঁজিয়া বাহির করা একটু কঠিন। মোটামুটিভাবে Altair এবং Fomalhaut-এর মধ্যে অবস্থিত।



প্রধান নক্ষত্র

নক্ষত্র
 δ -

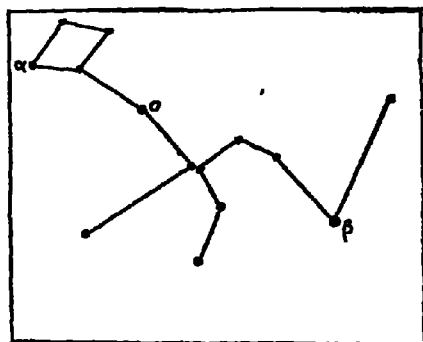
উজ্জ্বলতা
2.0

দূরত্ব (আঃ বঃ)
50 "

দুইটি নক্ষত্র α (Giedi) এবং β (Dabih) উভয়েই double star।

(আ) CETUS (The Whale)

রূপকথাৰ দৈত্যবিশেষ এই বাশিট Almagest-এ বৰ্ণিত আছে। অস্পষ্ট বাশিট বহুস্থান জুড়িবা ব্যাপ্ত আছে। ইহাৰ মাত্ৰাৰ α -নক্ষত্ৰটি হাত্কা লাল বংসব। অগৰ উজ্জল নক্ষত্ৰ β অনেক দূৰে অবস্থিত।



প্ৰধান নক্ষত্ৰগুলি

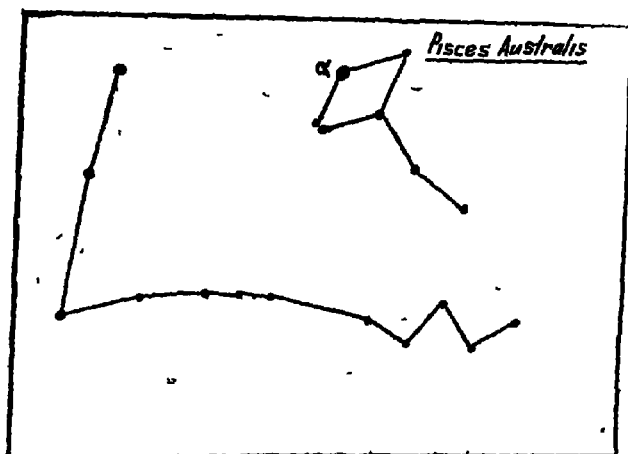
নক্ষত্ৰ	উজ্জলতা	দূৰত্ব (আঃ বাঃ)
α -Menkar	—0.5	130
β -Diphda	0.8	57
γ -Mira (γ -Ceti)	—0.5	103.

এই বাশিৰ অন্তৰ্গত বিখ্যাত পৰিবৰ্তনশীল নক্ষত্ৰ γ -Mira (γ -Ceti) কে কোন কোন সময় খালি চোখেই দেখা যায়। এই নক্ষত্ৰটিৰ উজ্জলতা 331 দিনেৰ মধ্যে নিম্নতম অবস্থা হইতে উচ্চতম অবস্থায় আসে। ইহা 'একটি red giant' এবং ইহাৰ দূৰত্ব প্ৰায় 250 আলো বৎসব।

(ই) PISCES (The Fishes)

ইহাও একটি Almagest বৰ্ণিত বাশিচক্ৰেৰ অন্তৰ্গত বাশি। এক্ষণে Vernal Equinox এই বাশিৰ মধ্যে আসিবাছে। বাশিটিৰ অস্পষ্ট নক্ষত্ৰগুলি একটি বক্ৰ লাইনে অবস্থিত।

Pisces Australis রাশিটি Pisces রাশির নিকটবর্তী একটি রাশি।
ইহার বিখ্যাত নক্ষত্র α -Fomal haut 23 আলো বৎসব দূরে অবস্থিত।
উজ্জলতায় ইহা দ্বিতীয় শ্রেণীভুক্ত।



১৭৮- দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রসমূহ

উত্তরাকাশের নক্ষত্রের মতই দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রগুলিও খুব চমৎকাব।
Magellan cloud এবং মত সুন্দর দৃশ্য উত্তরাকাশে দেখা যায় না।
ইহা ছাড়া α ও β -Centauri এবং সেই সঙ্গে Southern cross সম-
ভাগে দর্শনীয়। তবে দক্ষিণাকাশের জ্বলন্ত নক্ষত্র নাই।

যদি অষ্ট্রেলিয়াতে কোন স্থানে [যথা সিড্‌নী (Sydney)] বাজি
৭ টাব সময় আকাশের দিকে তাকাই তাহা হইলে আমবা বৎসরের
বিভিন্ন সময়ে যে সমস্ত বৈচিত্র্য দেখিব তাহা আমবা এখানে আলোচনা
করিব।

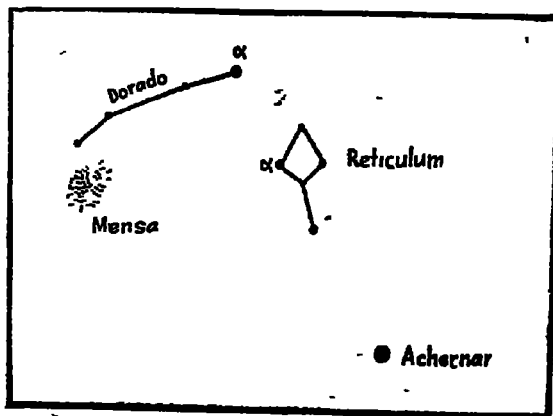
January- মাসের নক্ষত্রসমূহ

এই সময় Orion-কে আকাশে অনেক উচ্চতায় উত্তর-পূর্ব কোণে
দেখা যায়। অস্ত্র সিড্‌নির আকাশে Rigel-কে Betelgeux অপেক্ষা
উপরে এবং Sirius-কে আরও উপরে দেখা যাইবে। হলুদ বৎসরের

বিরাট নক্ষত্র Canopus ঠিক মাথার উপর একটু পূর্বদিকে হেলানো অবস্থায় আছে। Capella-কে উত্তর দিগন্তের নিকটে দেখা যাইবে। Aldebaran এবং Seven Sisters (Pleiades) এই সময়ে দেখা যায়।

(অ) DORADO (The Swordfish)

1603 খ্রিস্টাব্দে Bayer দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রগুলির একটি ক্যাটালগ প্রস্তুত করেন। Dorado বাশিট Bayer কড়ক ক্যাটালগকৃত। এই



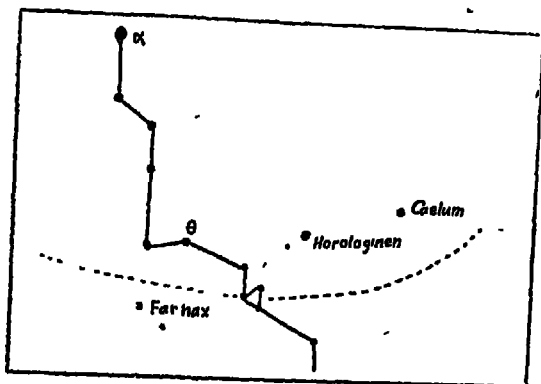
বাশিতে মাত্র দুইটি উজ্জল নক্ষত্র আছে। বাশিট Eridanus-এব Achernar নক্ষত্রের অনতিদূরে অবস্থিত। এই বাশিট Magellanic cloud পর্যন্ত বিস্তৃত।

(আ) ERIDANUS (The River)

Eridanus একটি লম্বা রাশি। ইহার অংশবিশেষ আমরা উত্তরা-কাশে দেখতে পাই। β -Kursa নক্ষত্রটি Rigel-এব নিকট অবস্থিত। α এবং θ নক্ষত্র দুইটি ইউরোপের কোন-স্থান হইতে দেখা যায় না।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জলতা	দূরত্ব
α -Achernar	—2.3	118
θ -Acamar	—1.7	65

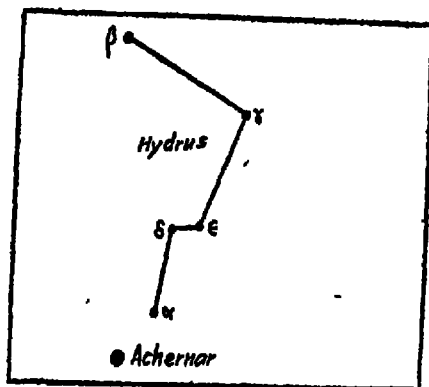


অট্রেলিয়ার দক্ষিণাংশে Achernar কখনও অস্ত যায় না। θ -Acamar নক্ষত্রটি একটি জুপার “বিনাবী” (binary)।

Horologium নামক বাশিটি Eridanus-এর চিত্রে প্রদত্ত হইল।

(ই) HYDRUS

Bayer বর্ণিত একটি রাশি। উত্তরাকাশের Hydra নামের সহিত ভুল হইবার আশংকায জ্যোতিষিদেবা Hydra-কে Hya এবং Hydrus-কে Hyi নামে অভিহিত করিয়াছেন।



প্রধান নক্ষত্রগুলি

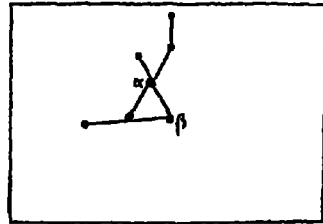
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α	29	31
β	37	21

Hydrus দক্ষিণ অষ্ট্রেলিয়ায় একটি অন্তর্হীন নক্ষত্র। বাশিটি Acher-nar এবং দক্ষিণ ঞ্চ নক্ষত্রেব মধ্যবর্তী অঞ্চল জুড়িয়া বিস্তৃত।

(ঈ) MUSCA AUSTRALIS

প্রধান নক্ষত্রগুলি

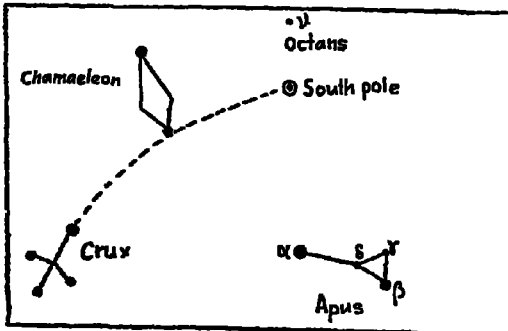
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α	-2.9	430
β	-2.1	470



α -নক্ষত্রটি পবিত্রবর্তনশীল এবং β -নক্ষত্রটি একটি ডবল।

(উ) OCTANS

এই বাশিব অন্তর্গত দক্ষিণ আকাশের ঞ্চতাবা অত্যন্ত অস্পষ্ট পঞ্চম পর্যায়ের নক্ষত্র। দক্ষিণ আকাশের জুগেব বৃহত্তব বাহুব সাহায্যে ঞ্চতাবাব সন্ধান পাওয়া যায় (চিত্র দেখুন)। এই বাশিটি Lacaille কর্তৃক বণিত কতকগুলি বাশিব অন্তর্ভুক্ত। এই রাশিগুলি যথাক্রমে Crux, Apus, Chamaeleon, Reticulum নামে অভিহিত।



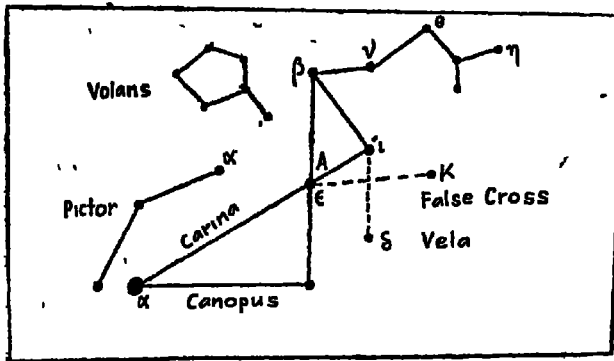
April মাসের নক্ষত্রসমূহ

April মাসের সন্ধ্যাবেলায় দক্ষিণাকাশে তাকাইলে দেখা যাইবে যে Orion পশ্চিমাকাশে অন্তগামী হইয়াছে, কিন্তু Sirius এখনও আকাশে সর্গর্বে রাজত্ব করিতেছে। Castor এবং Pollux উত্তর-পশ্চিমা-কাশে Leo বাশির Regulus-এর দক্ষিণ পাশে দেখা যাইবে। এই সময়ে Spica-কে পূর্বাকাশে এবং Arcturus-কে ঠিক দিগন্তের উপরে উঠিতে দেখা যাইবে। ভালভাবে লক্ষ্য করিলে Ursa Major-এর কয়েকটি নক্ষত্রকে উত্তরাকাশে দিগন্তের কাছাকাছি দেখা যাইবে কিন্তু ইহার চতুর্ভুজাকৃতি অংশকে আর দেখা সম্ভব নহে।

Ceataurus এবং দক্ষিণ জুশকে পূর্বাকাশের জেনিথের একটু পূর্বদিকে দেখা যাইবে। এই সময় বিখ্যাত রাশি Argo Navis-কে সর্বাপেক্ষা উজ্জলভাবে দেখা যাইবে। সেই সঙ্গে উত্তরাকাশের Hydra রাশিকে Cancer হইতে Libra পর্যন্ত অস্পষ্টভাবে দেখা যাইবে।

(উ) ARGO-NAVIS

Ptolemy কর্তৃক বর্ণিত এই বাশিটির প্রধান অংশ দক্ষিণাকাশে বিস্তৃত বলিয়া উত্তরাকাশের উচ্চ অক্ষাংশস্থিত স্থানসমূহ হইতে দেখা সম্ভব নহে। এইজন্য এই রাশিকে দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রসমূহের ক্যাটালগভুক্ত করা হইয়াছে। এই রাশিটি বহু বর্জিয়া ইহাকে কয়েকটি অংশে বিভক্ত

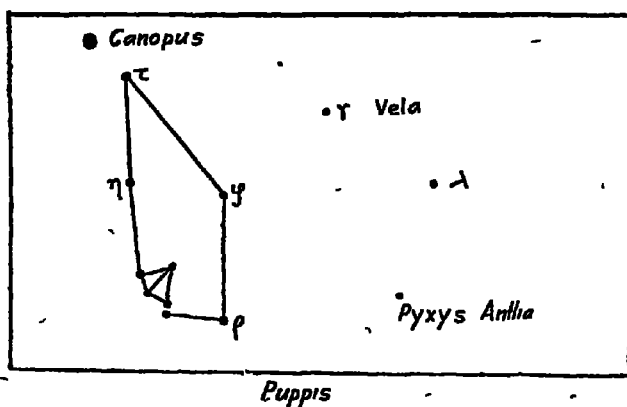


Carina

করা হইয়াছে, যথা : Carina, Puppis এবং Vela. বিখ্যাত নক্ষত্র Canopus (দ্বিতীয় উজ্জ্বলতম নক্ষত্র) Carina রাশির অন্তৰ্গত ।

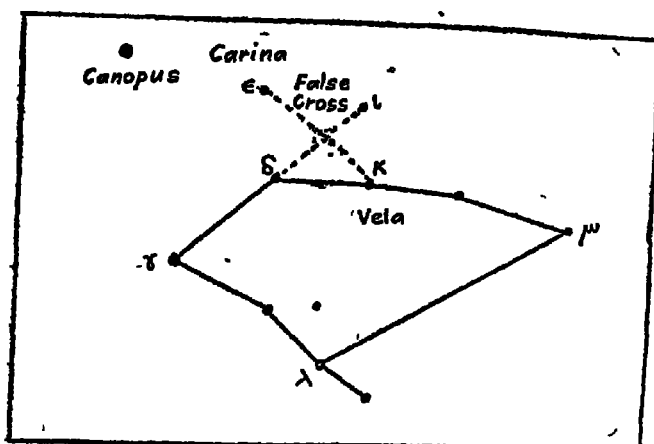
প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
<u>Carina</u>		
α -Canopus	-7.6	650
β -Miaplacidus	-0.4	86
ϵ -Avior	-3.1	340
ι -Tureis	-4.6	750
θ -	-4.0	710
σ -	-2.1	340



Puppis

ζ -Suhail Haider	-7.1	2400
ρ -Turais	-0.3	105
π -	-0.3	140
τ -	-0.1	124



Vela

γ	—4.1	520
δ-Koo-She	0.2	76
λ-Al-Suhail	—4.6	750
Al wazu		
k-Markeb	—3.4	470
μ.....	—0.1	108

Carina বাণিকে বিখ্যাত নক্ষত্র Canopus-এর সাহায্যে সহজে চেনা যায়। Canopus আকাশের দ্বিতীয় উজ্জ্বলতম নক্ষত্র। ইহা হলদে রংয়ের এবং অত্যন্ত আলোময়। বৈজ্ঞানিকেরা অনুমান করেন যে এই নক্ষত্র অন্ততঃ ৪০,০০০ সূর্যের সমান তেজোময়। Carina-র অন্তর্গত Tureis এবং Avior; Vela-র অন্তর্গত Koo-She এবং Markeb এই চারিটি নক্ষত্র মিলিয়া False Cross নামক বাণিটি সৃষ্টি করিয়াছে। Carina-র অন্তর্গত পরিবর্তনশীল ৭-নক্ষত্র কোন এক সময়ে Canopus অপেক্ষা উজ্জ্বলতর ছিল। ১৮৪০ খ্রীস্টাব্দের দিকে ইহা আকাশের Sirius-এর পবই উজ্জ্বলতম নক্ষত্র ছিল। Nebula কতক আচ্ছাদিত হওয়ায় ইহা এখন অস্পষ্ট হইয়াছে।

July মাসের নক্ষত্রসমূহ

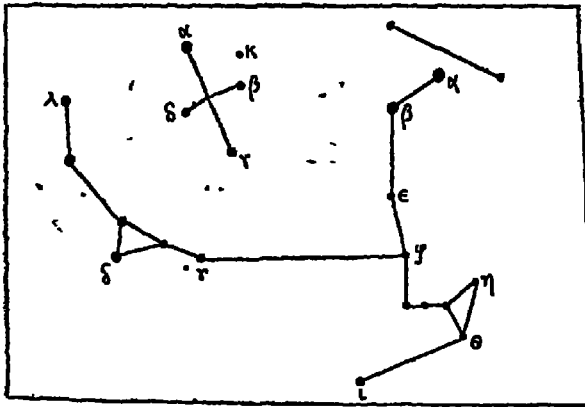
জুলাই মাসের আকাশে Scorpio বাশিটি আকাশে প্রকট হইয়া উঠে। দক্ষিণ অস্ট্রেলিয়ায় সন্ধ্যাবেলার আকাশে এই বাশিটিকে জেনিথের নিকটে দেখা যায়। ইহাব পাশেই Sagittarius এবং Lupus-এর অংশবিশেষ দেখা যায়। জেনিথের পশ্চিমদিকে Centaurus-এর দক্ষিণ জুগ দেখা যায়। উত্তরাকাশে Arcturus বীৰদর্পে শোভা পায় এবং Vega-কে উত্তর-পূর্বদিকের আকাশে দিগন্তের নিকটে দেখা যায়। এই সময় Canopus এবং Achernar-কে নিম্নস্থানে দেখা যায়। Spica উত্তর-পশ্চিমাকাশে উজ্জলভাবে শোভা পায় এবং Altair-কে পূর্বাকাশে উঠিতে দেখা যায়।

(এ) ARA (The Altar)

ইহা Ptolemy বণিত একটি বাশি। ইহাব দুইটি বিখ্যাত নক্ষত্র α এবং β Centauri-কে সহজেই আকাশে চেনা যায়।

(ঐ) CENTAURUS

ইহাও একটি আদি বাশি (Almagest বণিত বাশি)। বাশিগুলির মধ্যে Centaurus একটি বিচিত্র বাশি। উক্ত অক্ষাংশস্থিত উত্তরাক্ষলৈব স্থানসমূহে ইহাকে দেখা যায় না।



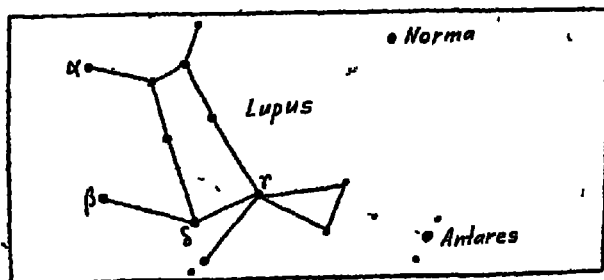
প্রধান নক্ষত্রসমূহ

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α	4.4—5.8	4.3
β -Agena	—5.2	490
γ -Menkent	—0.5	160
δ -	—3.9	570
η -	—3.0	390
ϵ -	—3.4	520
θ -	—2.7	370
υ -	1.1	71

α এবং β -নক্ষত্র দুইটি উজ্জ্বল নক্ষত্রের মধ্যে β -নক্ষত্রটি অনেক দূরে (প্রায় 500 আলো-বৎসর) দূরে অবস্থিত। α -নক্ষত্রের কোন নাম নাই কিন্তু উডোজাহাজের নেভিগেটরেবা ইহাকে Rigel Kent নামে অভিহিত করেন। β -নক্ষত্র Agena কিংবা Hadar নামে পরিচিত। এই নক্ষত্রটি একটি binary এবং ইহার সহচরের আবর্তনকাল প্রায় ৪০ বৎসর। γ -Menkent ও একটি “বিনারী” (binery) নক্ষত্র এবং ইহার সহচরের আবর্তনকালও ৪০ বৎসর। এই রাশির অন্তর্গত গোলাকার নক্ষত্রপুঞ্জ (globular)-কে খালি চোখেই দেখা যায়। এই নক্ষত্রপুঞ্জকে ω -Centauri বলে।

(৩) LUPUS (The Wolf)

Scorpio এবং Centaurus-এর মধ্যবর্তী একটি রাশি।

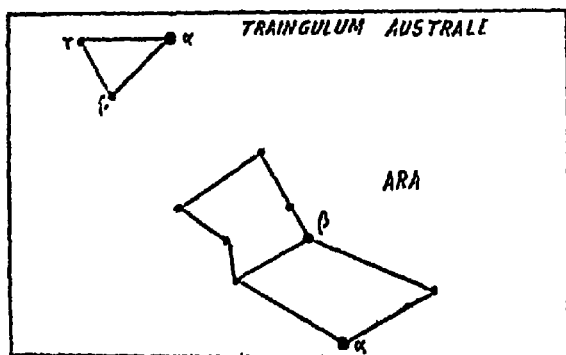


প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উচ্চতা	দূরত্ব
α	-3.3	430
β	-3.4	540
γ	-2.7	370

(৬) TRIANGULUM AUSTRALE

1603 খ্রিষ্টাব্দে Bayer এই নক্ষত্রকে ক্যাটালগজুক্ত করেন। এই নক্ষত্র তিনটি নক্ষত্রে উল্লভ এবং উহাদিগের শীর্ষবিন্দু লইয়া কল্পিত ত্রিভুজে সহজে আকাশে চিনিতে পারা যায়। ইহা α -Centauri-র অন্তর্ভুক্ত হইয়াছে।

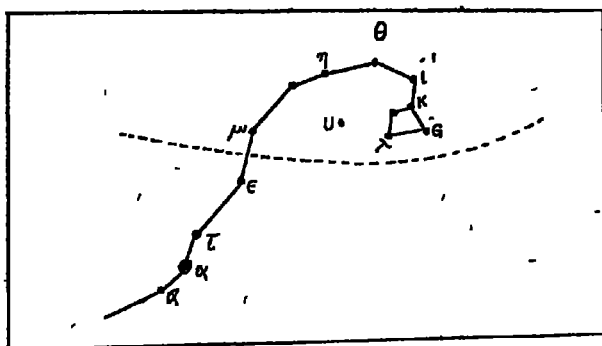


প্রধান নক্ষত্রগুলি—

নক্ষত্র	উচ্চতা	দূরত্ব
α	-0.1	82
β	2.3	42
γ	0.2	113

(ক) SCORPIO (বৃশ্চিক)

এই রাশিটির শেষাংশ উত্তর উচ্চ অক্ষাংশস্থিত স্থানসমূহ হইতে দেখা যায় না।



প্রধান নক্ষত্রগুলি—

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Shaula	—3.3	310
β-Sargas	—4.6	650
γ-Girtab	—3.4	470
δ-Lesath	—3.4	540
ε	—7.1	3400

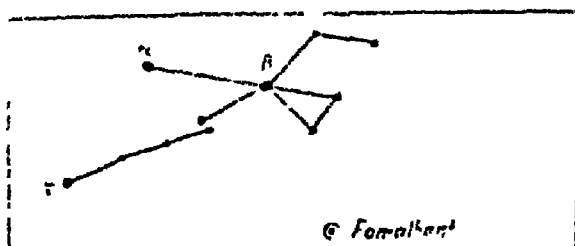
Shaula, Lesath, Girtab এবং G নক্ষত্রগুলি লইয়া চিত্র কল্পনা করিলে বৃশ্চিকেব Sting বা ছাঁলেব মত মনে হইবে। সমস্ত এলাকাটি উজ্জ্বল নক্ষত্রবাশিতে পূর্ণ। উত্তর এবং দক্ষিণাকাশে বিস্তৃত বাশিটিকে পূর্ণভাবে দেখিতে প্রকৃত বৃশ্চিকেব মত মনে হয়।

October মাসের নক্ষত্রসমূহ

অক্টোবর মাসে Crane, Peacock, Phoenix Toucan প্রভৃতি বাশিকে দেখা যায়। Pegasus-এব চতুর্ভুজ উত্তরাকাশে এবং Altair-কে পশ্চিমাকাশে দেখা যায়। Deneb উত্তর-পশ্চিমাকাশে এবং সেই সঙ্গে Vega-কে সূর্যাস্তের পূর্বে কিছুক্ষণের জন্য আকাশে দেখা যায়। এই সময় Canopus-কে দক্ষিণ-পূর্ব দিকে এবং জুশকে নীচের আকাশে দেখা যাইবে।

(୩) GRUS (The Crane)

୧୯୦୮ ଡିସେମ୍ବର Bayer ଏହି ପତ୍ରିକା ବ୍ୟାପକକୃତ୍ତ ବନେ । Grus ହାସିନି Formath ni ନକ୍ସାରେ ଚିତ୍ରଣ କରାଯିବ । ଏହି ବାସିନି ଅନ୍ତର୍ଗତ Alabar ନକ୍ଷତ୍ର ମୋଡ଼ ଉପରେ ।

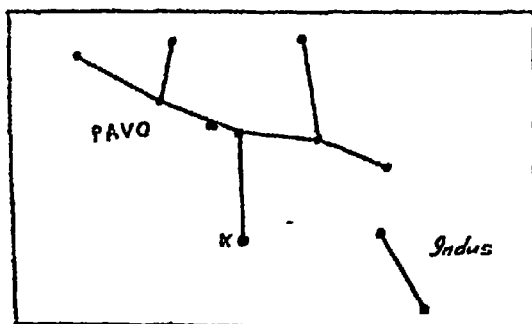


ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ନକ୍ଷତ୍ରଗୁଣ

ନକ୍ଷତ୍ର	ଫୋରମା	ପ୍ରକାର
α-Alabar	0.3	61
β-Alabar	-2.5	280
γ	-3.1	510

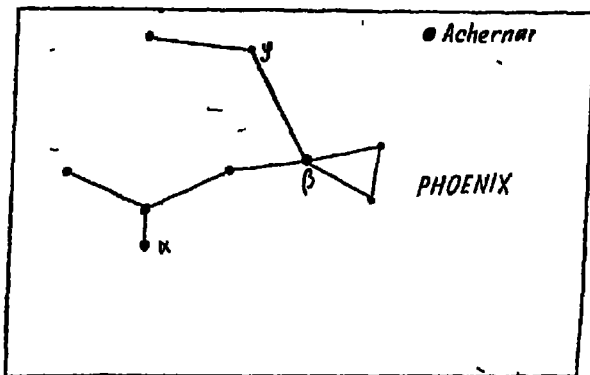
(୩) PAVO (The Peacock)

ଏହି ବାସିନିରେ କେନ୍ଦ୍ର ଉପରେ ନକ୍ଷତ୍ର ଗାନ୍ଧାର ଡେଇଁବା ବାସିନି ବାସିନି ନାହିଁ । ଡେଇଁବା ଅନ୍ତର୍ଗତ 1-Cepheid ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ନକ୍ଷତ୍ର । ଡେଇଁବା ୭ ମିନି 40 ଘଣ୍ଟାରେ 5.5 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ତରାସାନ ଭାଗରେ ହୁଏ ।



PHOENIX এবং INDUS

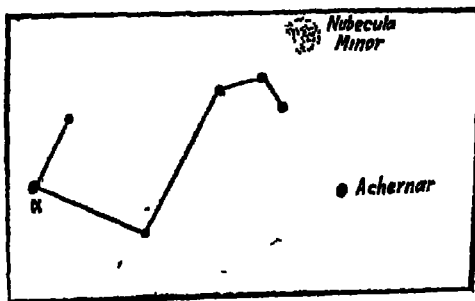
Indus রাশিটি Pavo রাশির α -Pavonis নক্ষত্রের নিকটে অবস্থিত।
Pavo রাশির চিত্রের সহিত ইহা সন্নিবেশিত হইল।



Phoenix রাশি Achernar এর নিকটে অবস্থিত। ইহাৰ প্রধান
নক্ষত্র α -Aukaa প্রায় ৯৩ আলো-বৎসর দূৰে (উজ্জ্বলতা ০.১) অবস্থিত।
৩-নক্ষত্রটি একটি binary?

TUCANA (The Toucan)

উপরি্লিখিত রাশিগুলির মধ্যে এই রাশিটি অপেক্ষাকৃত অস্পষ্ট।
কিন্তু রাশিটির অন্তর্গত Nebula-টি টেলিস্কোপে দেখিবার উপযুক্ত।
রাশিটির প্রধান নক্ষত্র α (উজ্জ্বলতা ১.৫) প্রায় ৬২ আলো-বৎসর
দূৰে অবস্থিত।



আমরা এ পর্যন্ত উক্ত এবং দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রাবলীর একটি সাধারণ বর্ণনা সন্নিবেশ কবিরাম। ইহা দ্বারা অন্ততঃ এইটুকু প্রমাণ হব যে আকাশের বিভিন্ন দর্শনীয় জ্যোতিকগুলি বৈচিত্র্যপূর্ণ।

১৭.৯ গ্রহগুলিকে চিনিবার উপায়

গ্রহগুলিকে “ভ্রমণকারী নক্ষত্র” (Wandering stars) বলা হইত। ইহারা সৌরজগতের অংশ এবং সূর্য হইতে বিভিন্ন দূরত্বে অবস্থান কবিয়া সূর্যকে ঘিবিয়া আবর্তন কবিতেছে। সূর্যের নিকটতম গ্রহ Mercury (আবর্তনকাল ৪৪ দিন বা আঙ্গিক গতির সময় ৪৪ দিন) হইতে আবর্ত্ত কবিয়া Venus, পৃথিবী, মঙ্গল, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune, Pluto এই নয়টি গ্রহ সূর্যকে একটি ফোকাশে বাখিয়া উপরন্তুকাৰে সূর্যের চাৰিদিকে বিভিন্ন সমতলে আবর্তন কবিতেছে। নিম্নে গ্রহগুলি সহজে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয় সন্নিবেশ কবিরাম।

গ্রহ	সূর্য হইতে দূরত্ব মাইলসাইডেরি (মিলিয়ন মাইল)	পিরিয়ড	সাইনডিক পিরিয়ড	সাহসিক গতি	বাস (মাইল)
Mercury (বুধ)	36	৪৪ দিন	115 দিন	৪৪ দিন	3100
Venus (শুক্ৰ)	67	224.7 "	584 "	—	7700
পৃথিবী	93	365 "	—	23 ঘ 56 মি	7926
Mars (মঙ্গল)	141.5	687 "	780 "	24 ঘ 37 মি	4200
Jupiter (বৃহস্পতি)	483	11 $\frac{1}{2}$ বৎসব	399 "	9 $\frac{3}{4}$ ঘ.	88,700
Saturn (শনি)	886	29 $\frac{1}{2}$ বৎসব	378 "	10 $\frac{1}{4}$ ঘ.	75,100
Uranus	1,783	84 বৎসব	370 দিন	10 $\frac{3}{4}$ ঘ	29,600
Neptune	2,793	164 $\frac{3}{4}$ বৎসব	367 $\frac{1}{2}$ দিন	15 $\frac{3}{4}$ ঘ	27,700
Pluto	3,666	247 $\frac{3}{4}$ বৎসব	366 $\frac{3}{4}$ দিন	6 দিন, 9 ঘ	3,600

Mercury (বুধ) এবং Venus (শুক্ৰ) পৃথিবী অপেক্ষা সূর্যের নিকটবর্তী থাকায় আমরা এই গ্রহ দুইটির কতকগুলি বৈচিত্র্য লক্ষ্য কবি। এই গ্রহ দুইটির চন্দ্রের মত কলারুদ্ধি হব। পূর্ণিমার সময় আমরা ইহা-দিগকে দেখিতে পাই না কারণ গ্রহ দুইটি ঐ সময় দিনের বেলায় আকাশে দিগন্তের উপরে থাকে।

বুধ গ্রহ (Mercury) আকাশে সর্বদা সূর্যের অতি নিকটে অবস্থান কবে বলিবা আমরা অনেক সময় ইহাকে দেখিতে পাই না। কখনও কখনও পশ্চিমাকাশে সূর্যাস্তের পর পবই অথবা সূর্যোদয়ের সামান্য কিছুক্ষণ পূর্বে আমরা এই গ্রহকে দেখিতে পাইব। এই সময় ইহাকে বেশ উজ্জল দেখায।

শুক্ৰ (Venus) Mercury অপেক্ষা অনেক বড় এবং চন্দ্রের পবই ইহা পৃথিবীর নিকটতম প্রতিবেশী। সময়ে সময়ে ইহা পৃথিবীর 25,000,000 মাইলের মধ্যে আসিতে পাবে। উজ্জলতম অবস্থায় আমরা শুক্ৰ গ্রহকে দিমালোকে দেখিতে পাই। যখন এই গ্রহের Crescent অবস্থা তখন ইহাকে সবচেয়ে উজ্জল বলিবা মনে হয়। পূর্বদিকে উঠিলে ইহাকে ‘ভোবের তারা’ এবং পশ্চিম দিকে উঠিলে ইহাকে ‘সন্ধ্যাতারা’ বলে। 1970 খ্রীস্টাব্দের সেপ্টেম্বর মাসের প্রথম তারিখে ইহা আকাশে সূর্য হইতে বৃহত্তম কৌণিক দূরত্বে (elongation) অবস্থান কবিবে। এই সময় ইহাকে আমরা উজ্জলতম অবস্থায় সন্ধ্যাকাশে দেখিতে পাইব।

মঙ্গলগ্রহ (Mars) পৃথিবীর তুলনায় সূর্য্যাপেক্ষা দূবে অবস্থিত। এই গ্রহের ‘কলারঙ্গি’ (Phases) আমরা দেখিতে পাই না। যখন ইহা সূর্যের বিপরীত দিকে অবস্থান কবে তখন ইহাকে মাথাবাডিতে ঠিক মাথার উপরে (জেনিথের দক্ষিণে) দেখিতে পাইব। এই সময় গ্রহটিকে লক্ষ্য কবিবাব উপযুক্ত সময়। এই সময়ের এক বৎসর পর পৃথিবী সূর্যের চতুর্দিকে একবার আবর্তন করিবে কিন্তু ‘মঙ্গল’-এর ধীর গতিব জন্ত পৃথিবী আরও অগ্রসর হইবাব পব ‘মঙ্গল’ সূর্যের বিপরীত স্থানে (opposition) আবাব আসিবে। গড়ে 780 দিন পব পব গ্রহটি বিপরীত স্থানে (opposition)-এ আসে। ইহাকে অবশ্য Synodic period (পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে) বলে। 1967 সালের 15 এপ্রিল, 1969 সালের 31 মে, 1971 সালের 10 আগস্ট তারিখে এই বিপরীত অবস্থান হইয়াছে এবং হইবে। গ্রহটি কখনই 35,000,000 মাইল অপেক্ষা নিকটে আসে না। বিপরীত অবস্থানে আসিবাব কয়েক সপ্তাহ পূর্বে এবং পরে ইহাকে উজ্জল দেখায। এই সময় ইহাব গুচ্ছল্য এবং লোহিতবর্ণ সহজেই দৃষ্ট আকর্ষণ কবে। ইহাকে আকাশে খুঁজিয়া

বাহিৰ কবিবাব সবচেয়ে সহজ উপায় হ'ল যে-কোন নিদিষ্ট সময়ে গ্ৰহটি কোন বাৰ্শিতে অবস্থান কৰিতেছে তাহা জানা। তাৰপৰ ইহাৰ দৈনিক অবস্থান আকাশেৰ পটভূমিতে লক্ষ্য কৰিলে দেখা বাইবে যে গ্ৰহটি সৰ্বদা বাৰ্শিচক্ৰেৰ (Zodiac) মध्ये অবস্থান কৰে। ইহাৰ লোহিত বৰ্ণেৰ জন্তু অথবা নক্ষত্ৰেৰ সহিত ইহাকে ভ্ৰম হইতে পাবে। এইজন্তু পৰ পৰ ক্ৰমেৰে বাঢ়ি ইহাৰ অবস্থান লক্ষ্য কৰা উচিত।

Jupiter (বৃহস্পতি) বহুদূৰে অবস্থান কৰিলেও ইহাকে চিনিতে কোন কষ্ট হইবে না। হলুদ বৰ্ণেৰ গ্ৰহটি শুক্ৰ গ্ৰহেৰ মতই উজ্জ্বল। সূৰ্যেৰ বিপৰীত দিকে প্ৰতি 13 মাস পৰ পৰ গ্ৰহটি ফিৰিয়া আসে। প্ৰত্যেক বৎসৰ ক্ৰমেৰে মাস ঘূৰণ এই গ্ৰহটিকে উজ্জ্বল দেখা যায়।

Saturn (শনি) গ্ৰহটিকে আকাশে সহজে চিনিতে পাবা যায় না। ইহাৰ বৰ ধূসৰ হলুদ। ইহা কখনই Capella বা Arcturus অপেক্ষা উজ্জ্বল নহে। Jupiter-এৰ চেৰে ইহাৰ গতি ধৰিব। 1970 সালে 11 নভেম্বৰ তাৰিখে Aries বাৰ্শিতে ইহা বিপৰীত স্থানে অবস্থান কৰিবে। এই সময় গ্ৰহটিৰ কাছাকাছি কোন উজ্জ্বল নক্ষত্ৰ দেখা বাইবে না। 1781 খ্ৰীষ্টাব্দেৰ পূৰ্ব পৰ্যন্ত বৈজ্ঞানিকদেৰ ধাৰণা ছিল যে এই গ্ৰহটিই সৰ্বাপেক্ষা দূৰৱৰ্তী গ্ৰহ। কিন্তু এই সময় Sir William Herschel নামক ইংবেজ জ্যোতিবিদ অপেক্ষাকৃত দূৰৱৰ্তী গ্ৰহ Uranus আৱিষ্কাৰ কৰেন। যদিও Uranus আকাৰে বৃহৎ, তথাপি অত্যধিক দূৰে থাকায় (সৌৰজগতেৰ সীমাৰ মध्ये) ইহাকে খালি চোখে দেখা দুঃসাধ্য। টেলিস্কোপেৰ সাহায্যে ইহাকে হাল্কা সবুজ বৰ্ণেৰ একটো ছোট থালাৰ (disc) মত দেখায।

ইহাৰ পৰ বৰ্ষাক্ৰমে 1846 এবং 1930 খ্ৰীষ্টাব্দে Neptune এবং Pluto নামক আৰও দুইটি গ্ৰহ আৱিষ্কৃত হইবাছে। টেলিস্কোপেৰ সাহায্য ব্যতিৰেকে ইহাদিগকে দেখা সম্ভৱ নহে।

যে পৰ্যবেক্ষকেৰ বাৰ্শিগুলি সম্বন্ধে মোটামুটি ধাৰণা আছে তাহাৰ পক্ষে Mars, Jupiter এবং Saturn গ্ৰহকে আকাশে খুঁজিয়া বাহিৰ কৰা মোটেই কষ্টসাধ্য নহে। অন্যান্য গ্ৰহগুলিৰ (Venus, Mercury ছাড়া) আকাশে অবস্থান নিৰ্ণয় কৰিতে টেলিস্কোপেৰ প্ৰয়োজন।